

Sistem pengendali asap kebakaran pada bangunan gedung

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan.....	1
3 Informasi umum	1
4 Sistem pengendalian asap dan penerapannya.....	7
5 Peralatan dan pengendalian bangunan.....	21
6 Analisis sistem pengendalian asap.....	32
7 Pengujian.....	34
Apendiks A.....	43
Bibliografi.....	59

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) Sistem pengendalian asap kebakaran pada bangunan gedung ini dimaksudkan sebagai pedoman bagi semua pihak yang terlibat dalam perencanaan, pelaksanaan, pengawasan dan pengelolaan bangunan gedung, sehingga penyelamatan dan operasi pemadaman kebakaran dapat dilakukan seefektif mungkin.

Sistem pengendalian asap kebakaran pada bangunan gedung bertujuan melengkapi peraturan-peraturan pencegahan bahaya kebakaran yang telah ada dan merupakan persyaratan minimum bagi bangunan gedung.

SNI Sistem pengendalian asap kebakaran pada bangunan gedung meliputi: informasi umum, sistem pengendalian asap dan penerapannya, peralatan dan pengendalian, analisis sistem pengendalian asap dan pengujian.

Pendahuluan

Dalam rangka lebih meningkatkan usaha pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan gedung, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah mewakili pemerintah, asosiasi profesi, konsultan, kontraktor, *supplier*, pengelola bangunan gedung dan perguruan tinggi, menyusun standar sistem pengendalian asap kebakaran pada bangunan gedung yang selanjutnya ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional menjadi SNI 03-6571-2001.

Diharapkan standar ini dapat dimanfaatkan oleh para perencana, pelaksana, pengawas, dan pengelola bangunan gedung dalam menerapkan konsep-konsep sistem pengendalian asap kebakaran pada bangunan gedung, sehingga sasaran pencegahan bahaya kebakaran dapat tercapai.

Sistem pengendalian asap kebakaran pada bangunan gedung

1 Ruang lingkup

- a) Standar ini ditujukan untuk keselamatan jiwa dan perlindungan harta benda terhadap bahaya kebakaran.
- b) Standar ini digunakan untuk perancangan, instalasi, pengujian, pengoperasian dan pemeliharaan dari sistem pengolah udara mekanik baru atau perbaikan yang juga digunakan sebagai sistem pengendalian asap.
Dalam zona yang besar seperti pada atrium dan mal, tidak dibahas dalam standar ini.
- c) Standar ini menetapkan kriteria minimal untuk perancangan sistem pengendalian asap, sehingga memungkinkan penghuni menyelamatkan diri dengan aman dari dalam bangunan, atau bila dikehendaki ke dalam daerah aman di dalam bangunan.

2 Acuan

NFPA 92 A : Recommended practice for Smoke Control System, 2000 edition. National Fire Protection Association.

3 Informasi umum

3.1 Pendahuluan

Semua kebakaran memproduksi asap yang jika tidak dikendalikan akan menyebar keseluruh bangunan atau bagian bangunan, yang berpotensi mengancam jiwa serta merusak harta benda.

Sistem pengendalian asap sebaiknya dirancang untuk menghalangi aliran asap ke dalam sarana jalan ke luar, jalan terusan ke luar, daerah tempat berlindung, atau daerah lain yang serupa.

Dengan menyediakan springkler otomatis atau sarana pemadaman kebakaran otomatis lain yang umum diperlukan untuk mengendalikan asap, dapat membatasi penjararan dan besarnya kebakaran secara efektif dan ekonomis.

Sistem lain dapat disediakan untuk hunian khusus atau fasilitas yang sudah ada.

Apabila sistem pengendalian asap tersedia, sebaiknya diaktifkan sedini mungkin pada keadaan darurat kebakaran untuk membatasi penyebaran gas kebakaran dan untuk menjaga lingkungan yang masih dapat dipertahankan dan pada daerah yang diproteksi.

Sistem pengendalian asap sebaiknya berfungsi selama jangka waktu evakuasi pada daerah yang diproteksi oleh sistem. Sistem seperti itu ditujukan untuk mengendalikan perpindahan asap kedalam daerah yang diproteksi, yang demikian itu berarti menyediakan daerah tempat berlindung atau waktu tambahan untuk ke luar gedung, tetapi sebaiknya jangan

mengharapkan daerah seperti itu akan babas dari asap sepenuhnya.

Sistem pengendalian asap sebaiknya secara teknik dirancang untuk hunian khusus dari suatu bangunan.

Sebagai tambahan, rancangan sistem pengendalian asap sebaiknya dikoordinasikan dengan sistem keselamatan jiwa lainnya sehingga saling melengkapi, dan tidak saling meniadakan satu sama lain.

3.2 Tujuan

Tujuan dari standar adalah sebagai pedoman dalam menerapkan sistem yang menggunakan perbedaan tekanan dan aliran udara untuk menyempurnakan satu atau lebih hal berikut

- a) Menghalangi asap yang masuk ke dalam sumur tangga, sarana jalan ke luar, daerah tempat berlindung, saf atau daerah yang serupa
- b) Menjaga lingkungan yang masih dapat dipertahankan dalam daerah tempat berlindung dan sarana jalan ke luar selama waktu yang dibutuhkan untuk evakuasi.
- c) Menghalangi perpindahan asap dari zona asap.
- d) Menyediakan kondisi di luar zona kebakaran yang memungkinkan petugas mengambil tindakan darurat untuk melakukan operasi penyelamatan dan untuk melokalisir dan mengendalikan kebakaran.
- e) Menambah proteksi jiwa dan untuk mengurangi kerugian harta milik.

3.3 Definisi

Untuk tujuan standar ini, istilah-istilah berikut akan memberikan pengertian pada bab-bab dalam standar ini.

3.3.1* disetujui

dapat diterima oleh instansi berwenang.

3.3.2 daerah tempat berlindung

daerah pada bangunan yang dipisahkan dari ruang lain oleh penghalang asap kebakaran dimana lingkungan yang dapat dipertahankan dijaga untuk jangka waktu selama daerah tersebut masih dibutuhkan untuk dihuni pada saat kebakaran.

3.3.3* instansi berwenang

Suatu instansi yang berwenang dan bertanggung jawab untuk menyetujui peralatan, instalasi atau prosedur.

3.3.4* perbedaan tekanan rancangan

perbedaan tekanan yang dirancang antara ruang yang diproteksi dan ruang yang bersebelahan, diukur pada batas ruang yang diproteksi di bawah kondisi yang di-atur khusus dengan beroperasinya sistem pengendalian asap.

3.3.5 pemeriksaan ujung ke ujung

metoda pengujian sendiri yang hasilnya memberikan konfirmasi positif yang diinginkan

(contoh aliran udara atau posisi damper) tercapai, pada saat alat kendali diaktifkan, seperti selama pengendalian asap, pengujian, atau pengoperasian secara manual. Apabila terjadi kegagalan atau berhenti, hasil konfirmasi positif menunjukkan normal tidak bekerja.

3.3.6* pusat pengendalian asap petugas pemadam kebakaran

sistem yang menyediakan pemantauan grafik dan kemampuan menguasai secara manual sistem pengendalian asap dan peralatan pada lokasi yang dirancang di dalam bangunan untuk digunakan oleh instansi pemadam kebakaran.

3.5.7 Sumur tangga bertekanan

jenis sistem pengendalian asap dimana saf tangga secara mekanik diberi tekanan, yang berpengaruh terhadap daerah kebakaran, dengan udara luar untuk menjaga asap dari kontaminasi selama kejadian kebakaran.

3.3.8 pedoman

dokumen yang serupa dalam isi dan strukturnya seperti kode atau standar, tetapi isinya hanya ketentuan yang tidak mengikat, menggunakan kata "sebaiknya" untuk menunjukkan rekomendasi dalam bagian dari kalimat.

3.3.9 sebaiknya

menunjukkan rekomendasi atau yang disarankan tetapi tidak dipersyaratkan.

3.3.10 asap

zat padat atau cair yang melayang di udara dan gas yang ditimbulkan jika bahan mengalami pemanasan atau pembakaran, bersama-sama dengan sejumlah udara yang dimasukkan atau dengan kata lain dicampur ke dalam massanya.

3.3.11* penghalang asap

lapisan yang menerus, vertikal atau horisontal, seperti dinding, lantai, atau rakitan langit-langit yang dirancang dan dipasang untuk menghalangi gerakan asap.

3.3.12 moda pengendalian asap

konfigurasi operasi yang ditentukan terlebih dahulu dari suatu sistem atau alat untuk tujuan pengendalian asap.

3.3.13 sistem pengendalian asap

sistem keteknikan yang menggunakan fan mekanik untuk menghasilkan perbedaan tekanan di kedua sisi penghalang asap untuk mencegah aliran asap.

3.3.14 zona pengendalian asap

ruang dalam bangunan yang ditutup oleh penghalang asap, termasuk bagian atas dan bawah, yang merupakan bagian dari zona sistem pengendalian asap.

3.3.15* sistem pembuangan asap

sistem mekanik atau gravitasi ditujukan untuk menggerakkan asap dari zona asap ke luar bangunan, termasuk sistem pembersihan asap, pembilasan dan ven, seperti fungsi fan pembuangan yang digunakan untuk mengurangi tekanan dalam zona asap

3.3.16 zona asap

zona pengendalian asap di mana kebakaran dilokalisasi.

3.3.17 efek cerobong

aliran udara vertikal di dalam bangunan disebabkan oleh temperatur yang ditimbulkan dari perbedaan densitas antara bagian dalam bangunan dan bagian luarnya, atau antara dua ruangan.

3.3.18 lingkungan yang masih dapat dipertahankan

lingkungan di mana asap dan panas dibatasi atau dengan kata lain dihalangi untuk menjaga pengaruh terhadap penghuni pada suatu tingkatan yang tidak mengancam jiwa.

3.3.19 sistem pengendalian asap terzona

sistem pengendalian asap yang termasuk pembuangan asap untuk zona asap dan diberi tekanan untuk semua zona pengendalian asap yang berdampingan

3.4 Prinsip pengendalian asap

3.5.1 Prinsip dasar

Seringkali, aliran asap mengikuti gerakan udara menyeluruh dalam bangunan meskipun suatu kebakaran dimungkinkan dikurung dalam kompartemen tahan api; asap dapat menyebar ke daerah yang bersebelahan melalui bukaan seperti konstruksi yang retak tembusan pipa, *ducting*, dan pintu yang terbuka.

Faktor prinsip yang menyebabkan asap menyebar ke daerah luar kompartemen adalah sebagai berikut:

- a) efek cerobong,
- b) efek temperatur kebakaran,
- c) kondisi cuaca, khususnya angin dan temperatur.
- d) sistem pengolahan udara mekanik

Faktor yang tercantum pada butir 3.4.1.1) sampai 4) menyebabkan perbedaan tekanan di kedua sisi partisi, dinding dan lantai yang dapat menghasilkan penjarangan api.

Gerakan asap dapat dikendalikan dengan mengubah perbedaan tekanan ini. Komponen bangunan dan peralatan seperti dinding, lantai, pintu, damper, dan sumur tangga tahan asap dapat digunakan bersamaan dengan sistem pemanasan, ventilasi dan pengkondisian udara untuk membantu dalam mengendalikan gerakan asap.

Perancangan bangunan menyeluruh yang memenuhi syarat dan konstruksi yang kedap asap

penting untuk pengendalian asap.

Pengenceran asap dalam daerah kebakaran dari bangunan yang di kompartemenisasi bukan sarana pengendalian asap yang tepat. Pengendalian asap tidak dapat dicapai secara sederhana dengan pemasokan udara ke dan membuang udara dari kompartemen.

Pengendalian asap dapat dibagi dalam dua prinsip sebagai berikut:

- a) Perbedaan tekanan cukup besar yang bekerja di kedua sisi penghalang akan mengendalikan gerakan asap.
- b) Aliran udaranya sendiri akan mengendalikan gerakan asap jika kecepatan udara rata-rata cukup besar.

3.4.2 Presurisasi

Sarana utama pengendalian aliran asap adalah dengan menciptakan perbedaan tekanan udara di kedua sisi partisi, lantai, dan komponen bangunan lain. Konsep dasar dari presurisasi bangunan adalah menentukan tekanan tertinggi di ruang yang bersebelahan dari zona asap.

Dengan cara ini, gerakan udara ke dalam zona asap dari daerah yang bersebelahan dan asap dihalangi dari penyebaran ke seluruh bangunan.

3.4.3* Aliran udara

Aliran udara yang berkecepatan cukup dapat menghalangi gerakan asap. Prinsip ini umumnya banyak digunakan untuk mengendalikan gerakan asap melalui bukaan.

Aliran udara melalui bukaan ke dalam zona asap harus berkecepatan cukup untuk membatasi perpindahan asap dari zona itu seperti pada bukaan.

Pintu dalam bukaan ini tidak terbuka untuk jangka waktu yang lama, sehingga kondisi sementara yang ditunjukkan ini penting untuk menyediakan jalan ke luar dari, atau masuk ke, daerah zona.

3.5 Parameter rancangan

3.5.1 Umum

Konsultasi teknis dengan instansi berwenang diharapkan dapat menentukan kinerja sistem dan prosedur uji serah terima pada awal rancangan.

3.5.2 Luas kebocoran

Bukaan kecil pada penghalang asap, seperti konstruksi sambungan, keretakan, celah pada pintu tertutup, dan jarak celah serupa, sebaiknya dijaga agar perbedaan tekanan di kedua sisi penghalang asap dengan tekanan luar tetap positif terhadap zona asap. Luas kebocoran tipikal ditunjukkan pada tabel 6.5.

Bukaan yang besar pada penghalang asap, seperti pintu dan bukaan lainnya yang digunakan untuk membuka, sebaiknya ditunjukkan. Bukaan sebaiknya dikaji didasarkan pada daerah geometriknya.

3.5.3* Data cuaca

Perbedaan temperatur antara bagian luar dan bagian dalam bangunan menyebabkan efek cerobong dan menentukan arah dan besarnya. Efek temperatur dan kecepatan angin beragam dengan ketinggian bangunan, konfigurasi, kebocoran, bukaan dinding dan konstruksi lantai. Perancang sistem memerlukan temperatur rancangan untuk musim panas dan hujan.

Untuk analisa keseiuruhan, data angin juga perlu dipertimbangkan.

3.5.4 Perbedaan tekanan

Perbedaan tekanan maksimum dan minimum yang diijinkan di kedua sisi batas zona pengendalian asap sebaiknya dipertimbangkan.

Perbedaan tekanan maksimum yang diijinkan sebaiknya tidak menghasilkan gaya membuka pintu yang melebihi persyaratan pada SNI 03-1746-2000, tentang "Tata cara perencanaan dan pemasangan sarana jalan ke luar untuk penyelamatan terhadap bahaya kebakaran pada bangunan gedung", atau peraturan setempat lainnya.

Perbedaan tekanan minimum yang diijinkan sebaiknya diambil pada keadaan dimana tidak ada tanda-tanda kebocoran asap selama evakuasi dalam bangunan. Untuk sistem yang efektif, tekanan sebaiknya cukup yang tidak mengalahkan gaya angin, efek cerobong, atau daya apung dari asap panas.

3.5.5 Aliran udara

Aliran udara dapat digunakan untuk membatasi perpindahan asap jika pintu pada penghalang pengendali asap terbuka.

Kecepatan rancangan melalui pintu terbuka sebaiknya cukup untuk menghalangi asap mengalir balik selama evakuasi dalam bangunan. Kecepatan rancangan sebaiknya dipertimbangkan mempunyai variabel seperti digunakan dalam pemilihan perbedaan tekanan rancangan.

3.5.6 Jumlah bukaan pintu

Jumlah pintu yang dapat dibuka serempak sebaiknya dipertimbangkan. Jumlahnya tergantung banyaknya penghuni bangunan dan tipe sistem pengendalian asap. Dalam beberapa sistem, pintu lebih disukai membuka hanya pada jangka waktu yang pendek dan kebocoran asap diabaikan.

3.6 Sistem supresi kebakaran

Springkler otomatis dan sistem supresi kebakaran adalah began dari sekian banyak rancangan sistem proteksi kebakaran. Kehandalan dan efisiensi dari setiap sistem dalam mengendalikan kebakaran pada bangunan perlu didokumentasikan dengan baik.

Penting sekali untuk mengenali fungsi supresi dan sistem pengendalian asap. Sistem supresi otomatis dapat memadamkan awal kebakaran pada tahap awal pertumbuhannya

sehingga dapat membatasi timbulnya asap

Pada sisi yang lain, sistem pengendalian asap yang dirancang dengan baik dapat menjaga lingkungan yang masih dapat dipertahankan sepanjang rute jalan ke luar yang kritis pada saat sistem supresi kebakaran beroperasi atau petugas pemadam kebakaran melakukan pemadaman kebakaran

Sebagai tambahan, terhadap kenyataan bahwa supresi kebakaran dan sistem pengendalian asap menunjukkan fungsi yang berbeda, maka untuk itu penting mempertimbangkan interaksi antara sistem pengendalian asap dan sistem supresi kebakaran.

Sebagai contoh, bangunan yang sepenuhnya menggunakan springkler, perbedaan tekanan dan aliran udara yang dibutuhkan untuk pengendalian gerakan asap mungkin lebih kecil daripada bangunan yang tidak berspringkler, karena besarnya api maksimum akan lebih kecil daripada bangunan tanpa springkler.

Sistem pengendalian asap dapat menimbulkan pengaruh yang merugikan terhadap kinerja dari zat supresi jenis gas, seperti gas bersih yang didefinisikan pada standar mengenai zat bersih untuk sistem pemadaman api, apabila pengendalian asap dan sistem supresi ditempatkan bersamaan dalam suatu ruang.

Pada kejadian dimana kedua sistem diaktifkan bersamaan, sistem pengendalian asap mungkin akan mencairkan zat gas dalam ruangan. Karena sistem supresi gas yang digunakan bersama sama menyediakan hanya satu gas, timbul potensi untuk mengobarkan kembali api.

Sistem pemadaman dengan gas dan sistem pengendalian asap tidak dapat digunakan untuk fungsi pemadaman serempak apabila keduanya diletakkan di dalam ruangan yang sama.

4 Sistem pengendalian asap dan penerapannya

4.1 Pendahuluan

4.1.1 Tujuan

Bab ini membicarakan bermacam-macam tipe sistem pengendalian asap dan mengkaji ulang keuntungan dan kerugian dari setiap tipe.

Penentuan sasaran sistem dan kriteria kinerja sebaiknya dibuat terlebih dahulu sebelum perancangan atau konstruksi.

4.1.2 Sistem terdedikasi dan tidak terdedikasi

4.1.2.1 Sistem terdedikasi

Sistem pengendalian asap terdedikasi dipasang dengan tujuan tunggal untuk menyediakan pengendalian asap. Sistem merupakan sistem terpisah dari penggerakan udara dan peralatan distribusi yang tidak berfungsi dibawah kondisi pengoperasian bangunan secara normal. Pada saat diaktifkan, sistem ini beroperasi secara khusus dalam menjalankan fungsinya sebagai pengendali asap.

Keuntungan sistem terdedikasi, termasuk sebagai berikut:

- a) Modifikasi dari pengendalian sistem setelah pemasangan jarang dilakukan.
- b) Pengoperasian dan pengendalian sistem umumnya sederhana.
- c) Ketergantungan pada atau pengaruh oleh sistem bangunan lain dibatasi kerugian dari sistem terdedikasi, termasuk sebagai berikut:
 - Kerusakan sistem mungkin tidak ditemukan pada antara jangka waktu pengujian atau diantara aktifitas pemeliharaan.
 - Sistem dapat membutuhkan ruangan yang lebih besar,

4.1.2.2 Sistem tidak terdedikasi

Keuntungan dari sistem tidak terdedikasi, termasuk sebagai berikut:

- a) Kerusakan sampai peralatan yang tergabung yang dibutuhkan untuk pengoperasian bangunan secara normal sehingga kerusakan dapat diperbaiki dengan cepat.
- b) Tambahan ruangan yang dibutuhkan sebatas untuk peralatan pengendalian asap yang penting.

Kerugian dari sistem tidak terdedikasi, termasuk sebagai berikut:

- a) Pengendalian sistem mungkin menjadi rumit.
- b) Modifikasi dari peralatan yang tercampur dengan atau pengendali dapat merusak fungsi pengendalian asap.

4.1.3 Tipe sistem dasar

Sistem untuk mengendalikan gerakan asap dalam suatu bangunan umumnya dapat dibagi ke dalam dua tipe yang terpisah, yaitu proteksi saf dan proteksi lantai. Proteksi saf selanjutnya dapat dibagi menjadi sistem presurisasi sumur tangga dan sistem ruang luncur lif. Proteksi lantai meliputi variasi beberapa zona pengendalian asap. Penggunaan suatu sistem khusus atau sistem kombinasi tergantung pada persyaratan bangunan dan persyaratan hunian khusus serta keselamatan jiwa dari situasi yang dipertimbangkan

4.1.4 Lingkungan yang masih dapat dipertahankan

Zona tanpa asap dari sistem pengendalian asap terzona dapat digunakan sebagai daerah yang diharapkan dapat memproteksi penghuni untuk jangka waktu yang dibutuhkan untuk evakuasi atau dapat digunakan untuk melengkapi daerah tempat berlindung.

4.1.5 Integritas sistem

Sistem pengendalian asap sebaiknya dirancang dipasang, dan dipelihara sehingga sistem akan tetap efektif selama evakuasi dari daerah yang diproteksi.

Pertimbangan lain dapat dicatat bahwa suatu sistem seharusnya tetap efektif untuk jangka waktu yang panjang. Hal-hal yang seharusnya dipertimbangkan adalah sebagai berikut

- a) Kehandalan sumber-sumber daya.
- b) Susunan distribusi daya.
- c) Metoda dan proteksi dari kontrol dan sistem pemantauan

- d) Bahan peralatan dan konstruksinya.
- e) Penghunian bangunan.

4.2 Perbedaan tekanan

4.2.1* Tabel 4.2.1 menunjukkan saran perbedaan tekanan minimum rancangan yang dikembangkan untuk temperatur gas 925°C (1700° F) yang berdekatan dengan penghalang asap. Perbedaan tekanan ini disarankan untuk perancangan yang didasarkan pada perbedaan tekanan minimum yang dipertahankan antara ruangan khusus

Untuk Unit SI, 1 ft = 0,305 m; 0,1 in.wg = 25 Pa.

Untuk tujuan perancangan, sistem pengendalian asap perbedaan tekanan minimumnya lebih disukai dijaga di bawah kondisi efek cerobong atau angin.

2 = SO — springkler otomatis, TS — tanpa springkler.

a = Untuk sistem pengendalian asap yang di zona, perberiaan tekanan diukur antara zona asap dan ruangan sebelahnya dimana ruangnya dipengaruhi mode pengendalian asap.

Jika diinginkan menghitung perbedaan tekanan untuk temperatur gas yang lain dari 925°C (1700° F), metoda yang dijelaskan pada butir A.4.2.1 dari apendiks dapat dipakai.

Perbedaan tekanan yang dihasilkan oleh sistem pengendalian asap cenderung berfluktuasi karena pengaruh angin, pembukaan pintu, penutupan pintu, dan faktor-faktor lain.

Deviasi jangka pendek dari perbedaan tekanan minimum rancangan yang disarankan mungkin tidak mempunyai pengaruh serius pada proteksi yang disediakan oleh sistem pengendalian asap. Jadi tidak ada pemotongan nilai yang diijinkan dari deviasi ini.

Ketergantungannya adalah pada kedapantan pintu, kedapantan konstruksi, tingkat racun dari asap, laju aliran udara dan volume ruangan.

Deviasi yang sebentar-sebentar sampai dengan 50% dari perbedaan tekanan minimum yang disarankan dapat dipertimbangkan untuk ditolerir dalam banyak kasus.

Tabel 4.2.1: Perbedaan tekanan minimum rancangan yang disarankan di kedua sisi penghalang asap¹

Tipe bangunan ²	Ketinggian langit-langit ³	Perbedaan tekanan rancangan ³ (in.w.g)
SO	rendah	0,05
TS	9 ft	0,10
TS	15 ft	0,14
TS	21 ft	0,18

4.2.2 Serupa untuk perbedaan tekanan di kedua penghalang asap perbedaan tekanan di kedua sisi pintu sebaiknya tidak melebihi nilai yang diberikan pada tabel 4.2.2, sehingga pintu dapat dioperasikan ketika sistem presurisasi dioperasikan.

Nilai perbedaan tekanan ini didasarkan pada gaya maksimum yang diijinkan sebesar 133 N (20 lbf) pada saat mulai membuka pintu seperti ditetapkan pada SNI 03-1746-2000, tentang "Tata cara perencanaan dan pemasangan sarana jalan ke luar untuk penyelamatan terhadap bahaya kebakaran pada bangunan gedung"

Tabel 4 2.2 Perbedaan tekanan maksimum di kedua sisi pintu-pintu^{1,2,3,4}

Gaya menutup pintu (lbf)	Lebar pintu (in. w.g) ⁶				
	32	36	40	44	48
6	0,45	0,40	0,37	0,34	0,31
8	0,41	0,37	0,34	0,31	0,28
10	0,37	0,34	0,30	0,28	0,26
12	0,34	0,30	0,27	0,25	0,23
14	0,30	0,27	0,24	0,22	0,21

Untuk unit SI, 1 lbf = 4,4 N; 1 in = 25,4 mm; 0,1 in.w.g = 25 Pa.

Catatan:

- 1 = Gaya membuka pintu total 30 lbf.
- 2 = Ketinggian pintu 7 ft.
- 3 = Jarak dari tombol pintu ke sisi tombol dari pintu 3 inci.
- 4 = Untuk gaya membuka pintu lain, ukuran pintu lain, atau perangkat keras lain daripada tombol — untuk contoh, perangkat keras tombol—menggunakan prosedur yang disediakan dalam ketentuan teknis lain yang berlaku .
- 5 = Banyak penutup pintu mempersyaratkan gayanya kurang dalam bagian awal siklus membuka daripada persyaratan untuk membawa pintu ke posisi pembukaan penuh. Kombinasi pukulan dari penutup pintu dan kombinasi tekanan yang diadakan hanya sampai pintu cukup dibuka untuk mengijinkan udara lewat bebas melalui bukaan. Gaya yang diadakan oleh alat penutup untuk menutup pintu, sering berbeda dari yang diadakan pada pembukaan.
- 6 = Penerapan lebar pintu hanya jika pintu mempunyai engsel pada satu ujung; sebaliknya menggunakan prosedur perhitungan yang disediakan pada ketentuan lain yang berlaku.

4.3 Sistem presurisasi sumur tangga

4.3.1 Umum

Sasaran kinerja dari presurisasi tangga adalah menyediakan lingkungan yang masih dapat dipertahankan di dalam sumur tangga pada saat kejadian kebakaran dalam bangunan. Sasaran kedua adalah untuk menyediakan daerah untuk petugas pemadam kebakaran Pada lantai dimana terjadi kebakaran, kebutuhan sumur tangga yang dipresurisasi untuk menjaga perbedaan tekanan di kedua sisi pintu sumur tangga yang ditutup sehingga infiltrasi dari asap dibatasi. Sistem presurisasi sumur tangga sebaiknya dirancang untuk memenuhi atau melebihi perbedaan tekanan minimum rancangan yang diberikan dalam tabel 4.2.1 tetapi sebaiknya tidak melebihi perbedaan tekanan maksimum yang diberikan dalam tabel 4.2.2.

4.3.2 Sistem tanpa kompensasi dan dengan kompensasi.

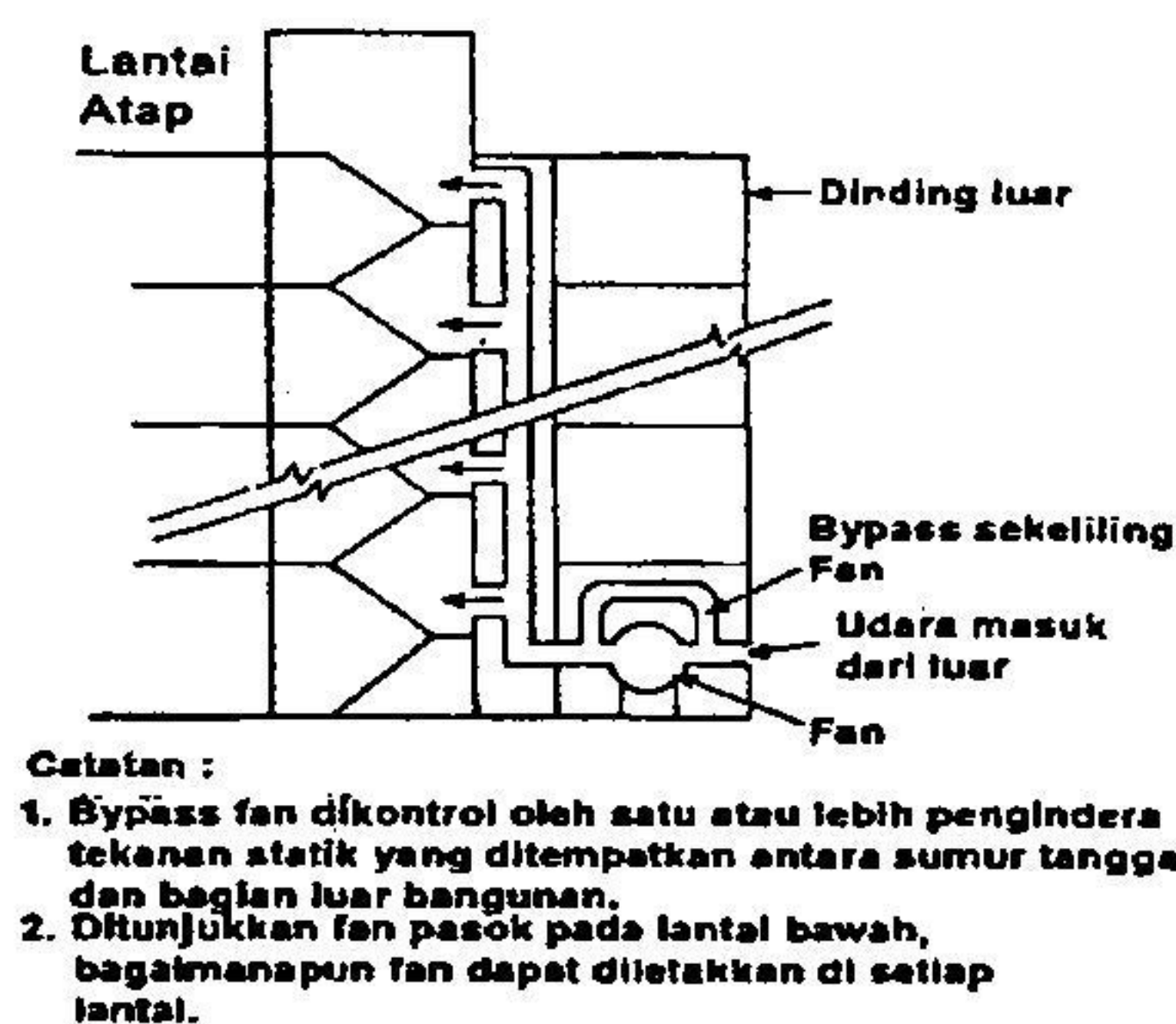
4.3.2.1 Dalam sistem tanpa kompensasi, udara pasok diinjeksi ke dalam sumur tangga dengan menggerakkan fan kecepatan tunggal, jadi tersedia satu perbedaan tekanan dengan semua pintu yang ditutup, perbedaan lain dengan satu pintu yang terbuka, dan seterusnya.

4.3.2.2 Sistem dengan kompensasi mengatur sampai kombinasi variasi dari pintu-pintu yang dibuka dan ditutup, dimana perbedaan tekanan dijaga tetap positif di kedua sisi bukaan. Sistem berganti sesuai perubahan kondisi baik dengan modulasi pasokan aliran udara maupun dengan melepas tekanan lebih dari sumur tangga.

Waktu tanggap dari sistem pengendalian sebaiknya dikaji untuk menjamin tekanannya tidak jatuh di bawah nilai jangka pendek yang diberikan dalam tabel 4.2 1. Lokasi dari inlet buangan dari sumur tangga relatif terhadap outlet pasokan ke dalam sumur tangga sebaiknya dibuat sedemikian sehingga sirkit pendek tidak akan terjadi.

4.3.2.2.1 Modulasi pasokan aliran udara.

Dalam sistem modulasi pasokan aliran udara, kapasitas pasokan fan diambil untuk menyediakan sedikitnya kecepatan udara minimum jika jumlah pintu sesuai yang dirancang terbuka, Gambar 4.3.2.2.1 menunjukkan sistem ini. Laju aliran udara ke dalam sumur tangga dapat diubah dengan modulasi bypass damper, yang dikendalikan oleh satu atau lebih sensor tekanan statik yang mengindera perbedaan tekanan antara sumur tangga dan bangunan. Apabila semua pintu sumur tangga ditutup, perbedaan tekanan naik dan *bypass* damper membuka untuk menaikkan *bypass* udara dan menurunkan aliran dari pasokan udara ke sumur tangga. Dalam cara ini, kelebihan perbedaan tekanan antara sumur tangga dan bangunan dapat dicegah. Pengaruh yang sama dapat dicapai dengan menggunakan damper pelepas pada *ducting* suplai jika fan ditempatkan di luar bangunan. Modulasi pasokan aliran udara dapat juga disempurnakan dengan kecepatan fan yang bervariasi, vane inlet, sudu fan dengan pitch yang variabel, atau bekerja dengan sejumlah fan. Waktu tanggap dari pengendalian setiap sistem sebaiknya dipertimbangkan.



Gambar 4.3.2.2.1 Presurisasi sumur tangga dengan *bypass* sekeliling *Fan* pasok

4.3.2.2.2 Pelepas tekanan lebih

Beroperasinya sistem kompensasi dapat juga disempurnakan dengan pelepas tekanan lebih. Dalam contoh ini, tekanan dibangun dalam sumur tangga seperti pintu tertutup langsung dilepas dari sumur tangga ke luar. Sejumlah udara dilepas bervariasi dengan sejumlah pintu yang terbuka, jadi mengusahakan untuk mencapai tekanan konstan yang penting pada sumur tangga.

Pelepas bagian luar membuka dapat mempunyai pengaruh merugikan dari angin; jadi pematah angin atau pelindung angin direkomendasikan.

Jika pelepasan tekanan lebih dikeluarkan ke dalam bangunan, berpengaruh pada integritas sumur tangga dan interaksi dengan sistem HVAC bangunan sebaiknya dikaji lebih dekat.

Sistem menggunakan prinsip ini sebaiknya mempunyai kombinasi damper api/asap pada tembusan dinding sumur tangga.

Pelepasan tekanan lebih dapat disempurnakan dengan satu dari empat cara sebagai berikut

a) Damper barometrik dengan pengaturan bobot imbang dapat digunakan untuk membolehkan damper membuka bila tekanan maksimum di bagian dalam tercapai. Ini merupakan cara yang sederhana melepas tekanan lebih, dimana tidak ada interkoneksi antara damper dan fan. Lokasi damper sebaiknya dipilih secara hati-hati, karena damper yang ditempatkan terlalu menutup ke bukaan pasokan dapat beroperasi terlalu cepat dan bisa tidak memenuhi persyaratan seluruh tekanan sumur tangga. Damper dapat bergerak-gerak selama beroperasi.

b) Damper yang dioperasikan dengan motor digerakkan secara pneumatik atau motor listrik merupakan pilihan lain untuk melepas tekanan lebih. Damper ini dikontrol oleh kontrol perbedaan tekanan yang ditempatkan dalam sumur tangga. Cara ini menyediakan kontrol lebih positif terhadap tekanan sumur tangga dibandingkan damper barometrik. Damper ini membutuhkan kontrol yang kompleks dan membutuhkan biaya dibandingkan damper barometrik.

c) Cara alternatif ven sumur tangga adalah melalui bukaan otomatis pintu sumur tangga atau ven ke sisi luar lantai bawah. Di bawah kondisi normal, pintu ini akan ditutup dan, dalam banyak hal, dikunci untuk alasan keamanan.

Ketentuan sebaiknya dibuat untuk menjamin bahwa kunci ini tidak konflik dengan pengoperasian otomatis dari sistem.

Mungkin efek angin yang merugikan juga berhubungan dengan sistem yang menggunakan bukaan ke bagian luar pada lantai bawah seperti ven. Kadang-kadang kecepatan angin lokal yang tinggi timbul dekat pintu sumur tangga bagian luar. Angin lokal seperti itu sukar diperkirakan dalam daerah sekitar bangunan baru tanpa model yang mahal. Sasaran yang berdekatan dapat bertindak menahan angin atau pelindung terhadap angin.

Sistem peralatan ven untuk sisi luar lantai bawah lebih efektif di bawah kondisi udara dingin, dengan bantuan efek cerobong, sistem presurisasi tangga untuk sumur tangga utama di atas tanah.

d) Fan pembuangan dapat digunakan untuk mencegah tekanan lebih jika semua pintu

sumur tangga ditutup.

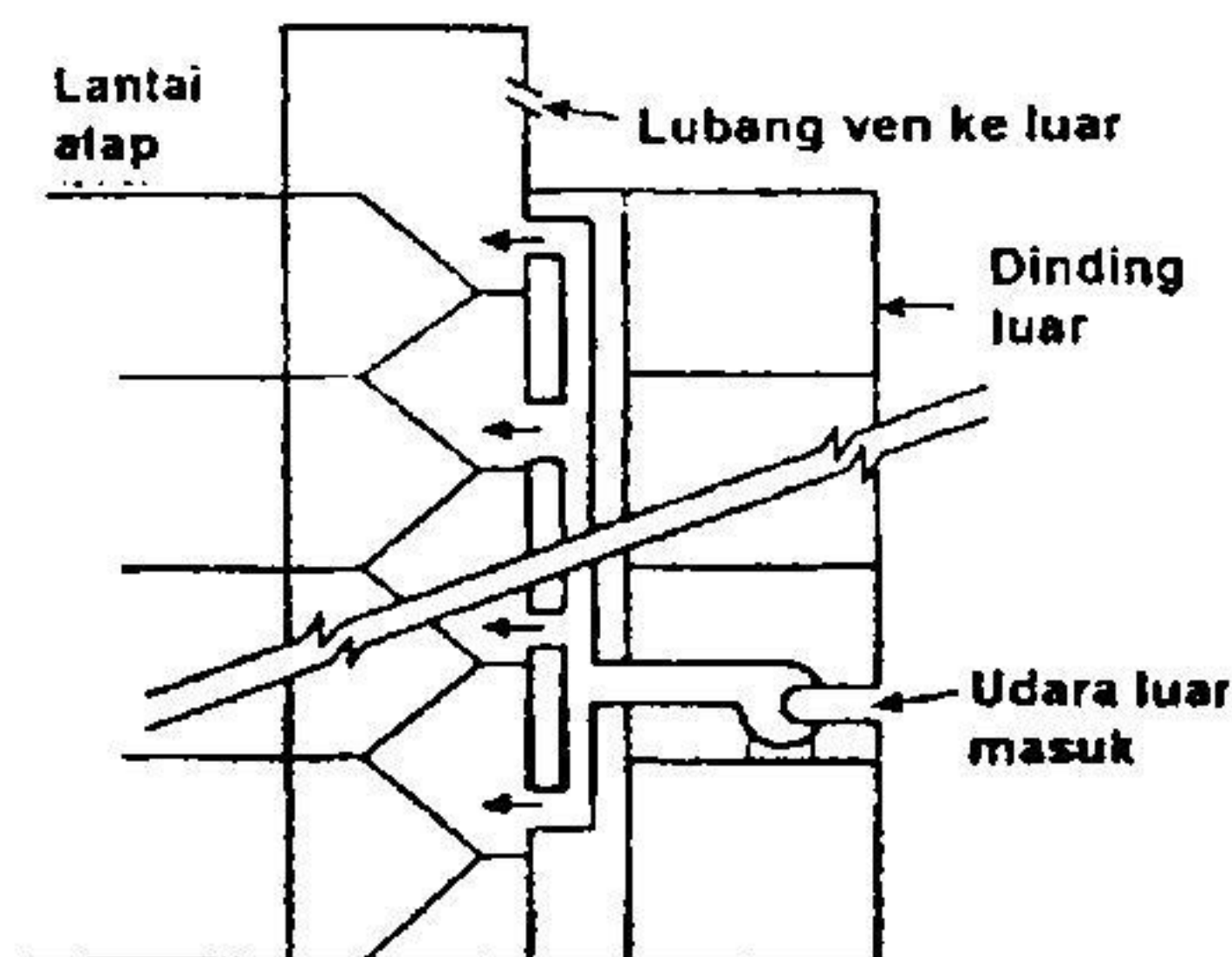
Fan sebaiknya dikontrol oleh sensor perbedaan tekanan sehingga fan tidak akan beroperasi jika perbedaan tekanan antara sumur tangga dan bangunan jatuh di bawah taraf yang dispesifikasikan.

Ini akan mencegah fan menarik asap ke dalam sumur tangga jika jumlah pintu yang membuka mengurangi presurisasi sumur tangga.

Fan pembuangan seperti itu sebaiknya ukurannya dispesifikasikan sehingga sistem presurisasi akan berada dalam batas perancangan.

Untuk mencapai kinerja yang diharapkan, dipercaya bahwa kontrol fan pembuangan sebaiknya jenis modulasi seperti berlawanan untuk jenis ON — OFF.

Karena fan pembuangan akan mempunyai pengaruh merugikan oleh angin, pelindung angin direkomendasikan.



Gambar 4.3.2.2.2 Presurisasi sumur tangga dengan ven ke luar

4.3.3 Lokasi sumber udara pasok

4.3.3.1 Masukan udara pasok sebaiknya dipisahkan dari semua buangan bangunan, keluaran dari saf asap dan asap atap dan ven panas, ven terbuka dari saf lif, dan bukaan lain dari bangunan yang mungkin mengusir asap dari bangunan yang terbakar.

Pemisahan ini sebaiknya sebesar besarnya dilakukan. Karena naiknya asap panas, pertimbangan sebaiknya diberikan pada lokasi masukan udara pasok di bawah bukaan yang kritis. Bagaimanapun, gerakan asap di luar mungkin menghasilkan umpan balik asap, tergantung pada: lokasi kebakaran, lokasi titik kebocoran asap, kecepatan angin dan arahnya, dan perbedaan temperatur antara asap dan udara luar.

Saat ini, informasi yang cukup tidak ada mengenai gerakan asap luar untuk menjamin rekomendasi umum yang mendukung bahwa masukan dari lantai bawah lebih baik dari pada masukan dari lantai atap.

4.3.3.2 Dengan sistem presurisasi sumur tangga, maka berpotensi terjadinya umpan balik asap ke dalam sumur tangga yang dipresurisasikan terhadap masuknya asap ke sumur tangga melalui masukan fan presurisasi. Karena itu, kemampuan menutup otomatis pada kejadian umpan balik asap sebaiknya dipertimbangkan.

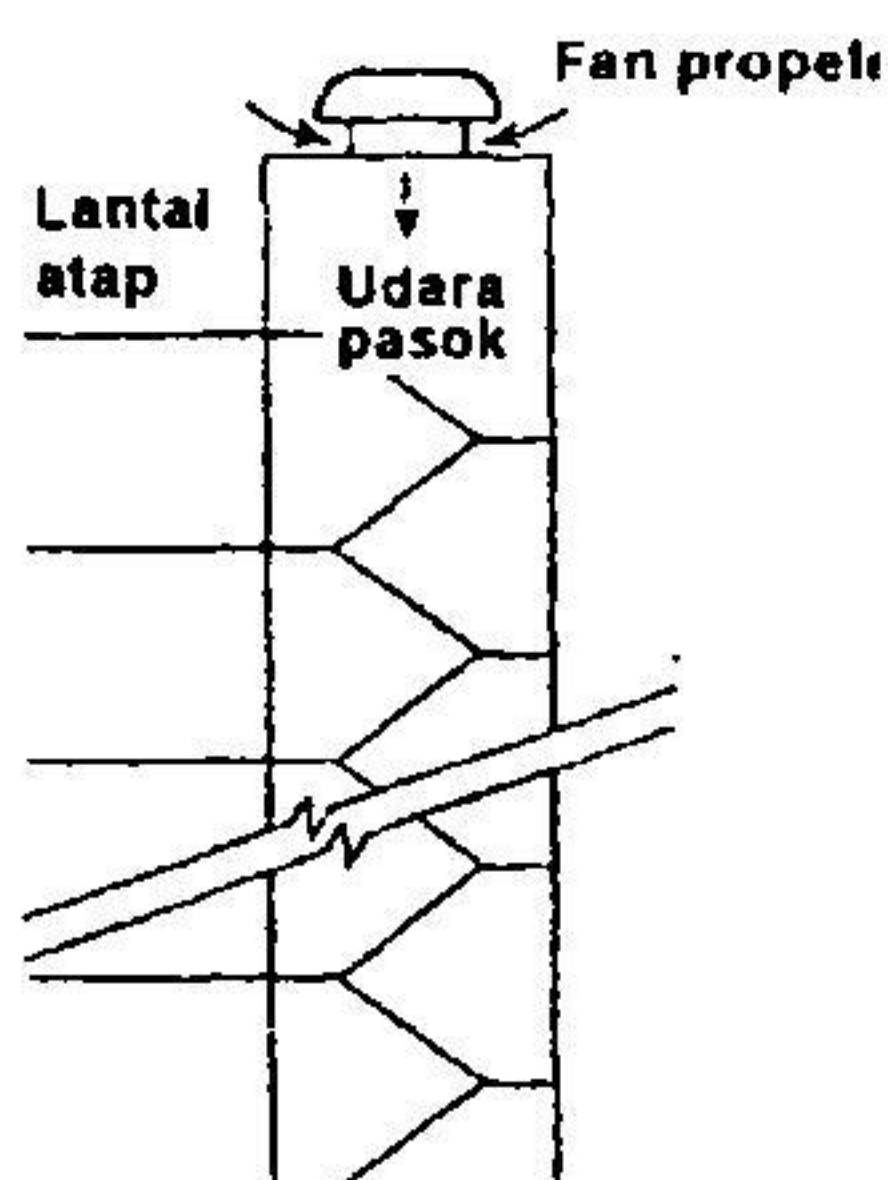
4.3.4 Fan pemasok udara

4.3.4.1 Fan propeler

Keuntungan dan pembatasan penggunaan fan propeler dijelaskan pada butir 4.3.4.1.1 sampai 4.3.4.1.3.

4.3.4.1.1 Sistem injeksi titik tunggal sederhana seperti yang digambarkan pada Gambar 4.3.4.1.1 dapat menggunakan fan propeler yang dipasang di atap atau dinding luar untuk memasok udara ke sumur tangga.

Penggunaan fan propeler tanpa pelindung angin tidak direkomendasikan karena pengaruh ekstrim angin dapat mempengaruhi kinerja fan.



Gambar 4.3.41.1 Presurisasi sumur tangga oleh fan propeler yang dipasang di atap

4.3.4.1.2 Satu keuntungan besar menggunakan fan propeler untuk presurisasi sumur tangga adalah kurva respon tekanan relatif datar terhadap beragam aliran. Karena itu, seperti pintu dibuka dan ditutup, fan propeler cepat merespon ke perubahan aliran dalam sumur tangga tanpa fluktuasi besarnya tekanan.

Keuntungan kedua, penggunaan propeler fan dapat mengurangi biaya dari pada fan jenis lain dan dapat menyediakan pengendalian asap yang cukup dengan biaya pemasangan yang rendah.

4.3.4.1.3 Kerugian penggunaan fan propeler adalah bahwa sering mempersyaratkan pelindung angin pada masukan karena fan ini beroperasi pada tekanan rendah dan cepat terpengaruh oleh tekanan angin pada bangunan.

Ini menjadi kurang kritis pada atap apabila fan sering diproteksi oleh parapet dan apabila arah angin menyudut terhadap sumbu fan.

Fan propeler yang dipasang pada dinding mudah terpengaruh oleh tekanan angin. Pengaruh kurang baik maksimum terjadi bila arah angin berlawanan dengan arah aliran udara fan, menghasilkan tekanan pada masukan rendah dan penurunan efektivitas fan sangat berarti.

Intensitas angin variabel dan arahnya juga dapat mengancam terhadap kemampuan dari sistem untuk menjaga kontrol di atas tekanan statik pada sumur tangga.

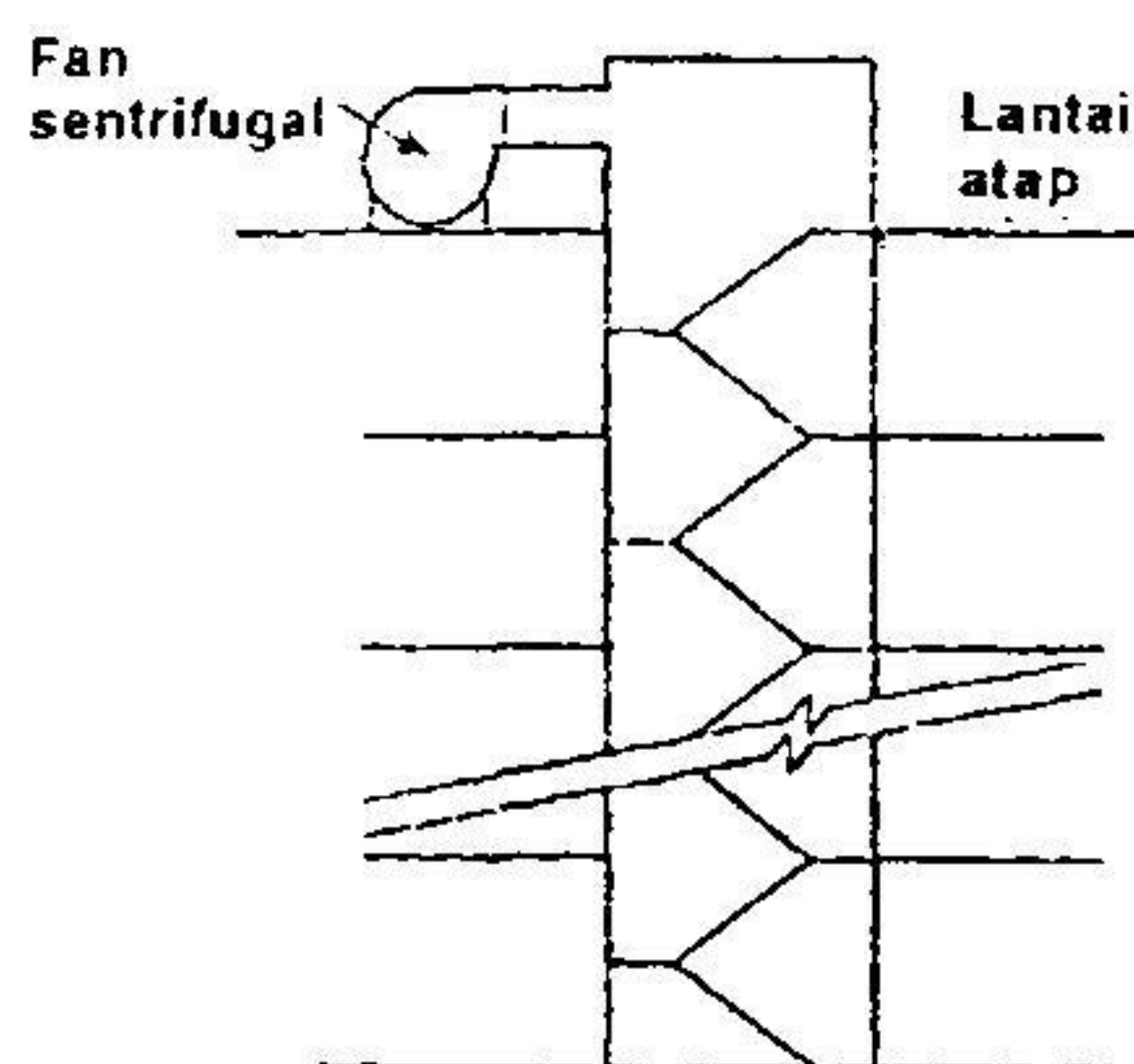
4.3.4.2 Jenis lain dari fan

Sistem injeksi tunggal dan sistem injeksi banyak lainnya mungkin mempersyaratkan penggunaan fan sentrifugal atau fan *axial in-line* untuk mengatasi kenaikan tahanan untuk mengalirkan dalam dakting pemasok ke sumur tangga.

4.3.5 Sistem injeksi tunggal dan jamak

4.3.5.1 Sistem injeksi tunggal

4.3.5.1.1 Sistem injeksi tunggal adalah satu dari sistem presurisasi udara yang dipasok ke sumur tangga pada satu lokasi. Titik injeksi yang umum berada pada puncak dari sumur tangga, seperti ditunjukkan dalam gambar 4.3 5 11.



Gambar 4.3.5.1.1 Presurisasi sumur tangga oleh injeksi di atas

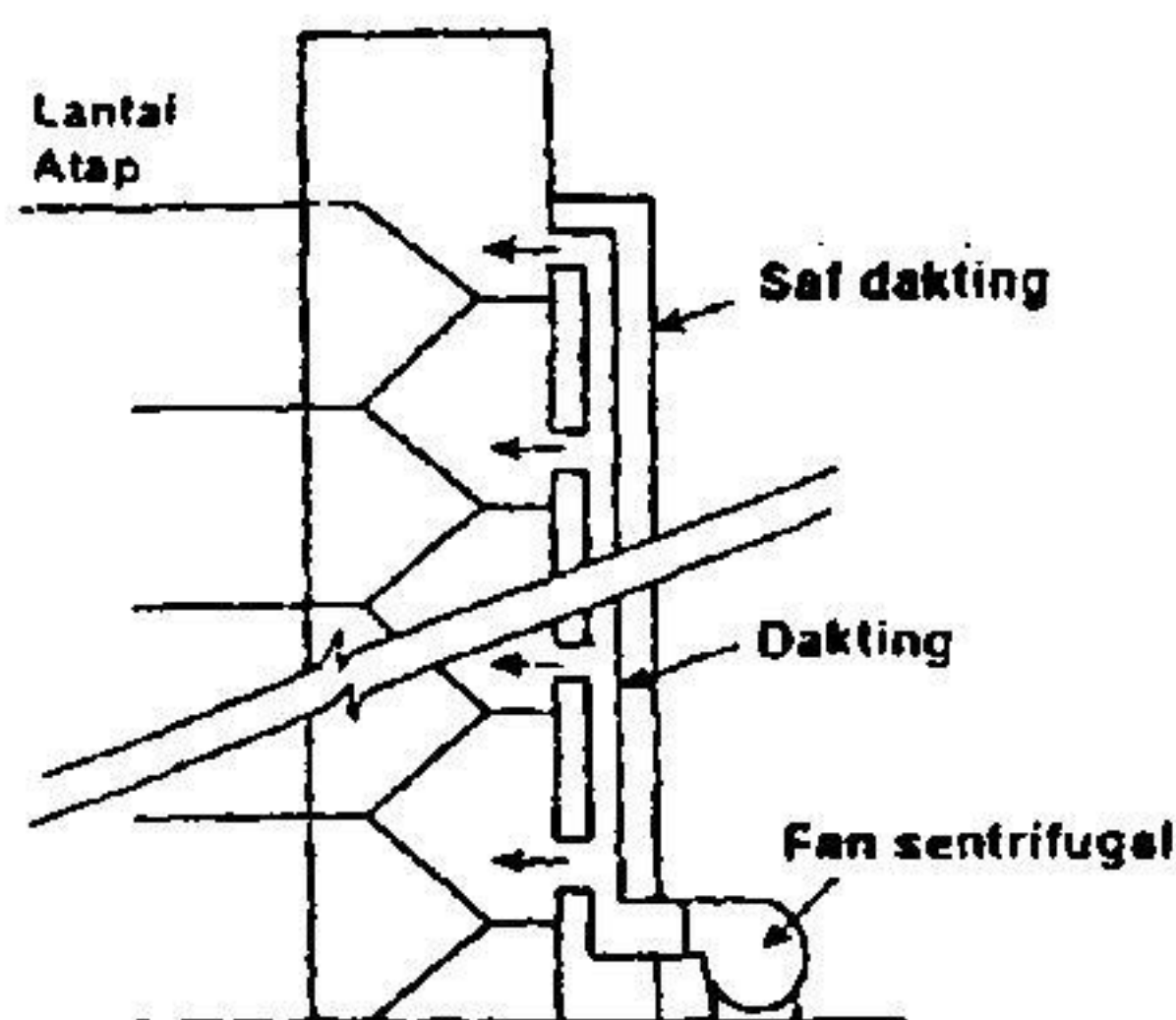
4.3.5.1.2 Sistem injeksi tunggal dapat gagal jika beberapa pintu yang dekat titik injeksi pasokan udara dibuka. Semua udara presurisasi dapat hilang melalui bukaan pintu ini, selanjutnya sistem gagal untuk menjaga tekanan positif di kedua sisi pintu yang jauh dan titik injeksi.

4.3.5.1.3 Karena pintu sumur tangga pada lantai bawah lebih disukai terbuka, sistem injeksi tunggal bawah, cenderung gagal.

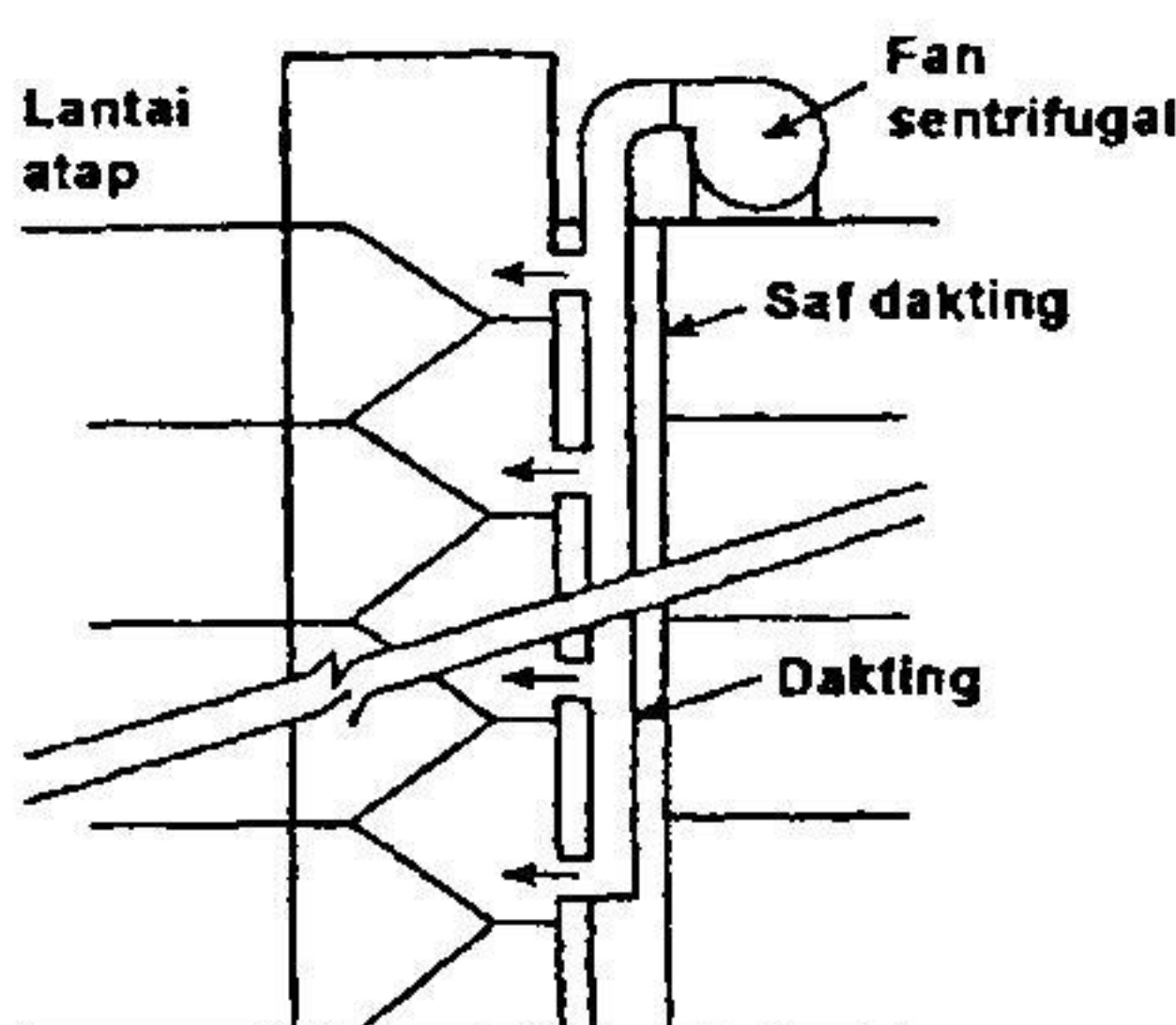
Pertimbangan dari situasi spesifik ini perlu analisa rancangan keseluruhan yang hati-hati yang dipersyaratkan untuk sistem injeksi tunggal bawah dan untuk semua sistem injeksi tunggal lain untuk sumur tangga dengan ketinggian lebih dari 30,5 m (100 ft).

4.3.5.2 Sistem injeksi jamak

4.3.5.2.1 Sistem injeksi jamak adalah salah satu dimana udara dipasok ke sumur tangga pada banyak titik. Gambar 4.3.5.2.1.(a) dan 4.3.5.2.1.(b) adalah dua contoh dari beberapa sistem injeksi banyak yang dapat digunakan untuk mengatasi keterbatasan dari sistem injeksi tunggal Fan presurisasi dapat ditempatkan pada lantai bawah, lantai atap, atau pada setiap lokasi diantaranya.



Gambar 4.3.5.2.1 (a) Presurisasi sumur tangga dengan injeksi jamak dengan fan yang ditempatkan pada lantai bawah:



Gambar 4.3.5.2.1. (b) Presurisasi sumur tangga dengan injeksi jamak dengan fan yang dipasang di atap

4.3.5.2.2 Dalam gambar 4.3.5.2.1.(a) dan 4.3.5.2.1.(b), dakting pasok ditunjukkan dalam saf terpisah. Bagaimanapun sistem telah dibuat dimana pengeluaran dibatasi oleh saf dakting yang terpisah dengan menempatkan dakting pasok dalam tangga tertutup. Kehati-hatiannya sebaiknya diambil sehingga dakting tidak mengurangi lebar jalan ke luar yang dipersyaratkan atau menjadi hambatan untuk melakukan evakuasi dari bangunan.

4.3.5.2.3 Beberapa sistem injeksi jamak telah dibuat dengan titik injeksi udara pasok pada setiap lantai. Sistem ini mencegah kerugian udara presurisasi melalui beberapa pintu yang terbuka: bagaimanapun, terlalu banyak titik injeksi mungkin tidak penting.

Untuk rancangan sistem dengan titik injeksi lebih dari tiga lantai terpisah, perancang sebaiknya menggunakan analisa komputer seperti yang diberikan pada ketentuan standar lain.

Tujuan analisa ini untuk menjamin bahwa kerugian udara presurisasi melalui beberapa pintu terbuka menunjukkan kerugian yang berarti pada presurisasi sumur tangga.

4.3.6 Ruang antara (*Vestibule*)

Sumur tangga yang tidak mempunyai ruang antara dapat di presurisasi cukup dengan sistem yang telah ada. Beberapa bangunan dikonstruksikan dengan ruang antara karena persyaratan standar bangunan. Ruang antara dapat dipresurisasi atau tidak dipresurisasi.

4.3.6.1 Ruang antara tanpa dipresurisasi.

Sumur tangga yang mempunyai ruang antara tanpa presurisasi dapat diterapkan pada bangunan yang sudah ada. Dengan kedua pintu ruang antara terbuka, dua pintu yang berderet menimbulkan kenaikan tahanan aliran udara dibandingkan pintu tunggal. Kenaikan tahanan akan mengurangi aliran udara yang menghasilkan suatu tekanan dalam sumur tangga. Subyek ini didiskusikan pada standar lain.

Dalam bangunan dengan beban hunian rendah, mungkin bahwa satu atau dua buah pintu ruang antara ditutup, atau sekurang-kurangnya ditutup sebagian, selama jangka waktu evakuasi. Ini selanjutnya akan mengurangi aliran udara yang dipersyaratkan untuk menghasilkan suatu tekanan.

4.3.6.2 Ruang antara dipresurisasi

Kedua pintu yang menutup pada ruang antara dapat membatasi masuknya asap ke ruang antara dan menyediakan lingkungan yang masih dapat dipertahankan sebagai daerah tempat berlindung. Sumur tangga yang berdekatan secara tidak langsung dipresurisasikan oleh aliran udara dari ruang antara yang dipresurisasi. Bagaimanapun, presurisasi ini dapat hilang jika pintu bagian luar terbuka.

Juga, asap dapat mengalir ke dalam sumur tangga melalui setiap kebocoran bukaan dalam dinding sumur tangga yang berdekatan dengan ruang lantai. Dinding seperti itu sebaiknya dikonstruksi dengan kebocoran minimal untuk sumur tangga yang diproteksi oleh sistem ruang antara yang dipresurisasi.

4.3.6.3 Ruang antara dipresurisasi dan sumur tangga

Untuk meminimalkan sejumlah asap masuk ke dalam ruang antara dan sumur tangga, ruang antara dan sumur tangga keduanya dapat dipresurisasi. Sistem kombinasi akan menambah keefektifan dari sistem presurisasi sumur tangga. Juga, ruang antara yang dipresurisasi dapat menyediakan daerah tempat berlindung sementara.

4.3.6.4 Dibilas atau ruang antara di ven

Sistem pembilasan atau penghawaan ruang antara berada di luar lingkup standar ini. Analisis bahaya mungkin dipersyaratkan menggunakan prosedur yang disediakan dalam standar lain. Analisis keteknikan sebaiknya ditunjukkan untuk menentukan manfaat dari, presurisasi, pembilasan atau pembuangan dalam ruang antara pada sumur tangga.

4.3.7* Jumlah pintu yang terbuka

Untuk sistem presurisasi sumur tangga yang tidak dirancang untuk mengakomodasi bukaan pintu, presurisasi akan menurun bila setiap pintu membuka, dan asap dapat masuk ke dalam sumur tangga. Untuk bangunan dengan densitas penghuni yang rendah, bukaan dan menutup dari beberapa pintu selama evakuasi mempunyai efek kecil pada sistem. Untuk

bangunan dengan densitas penghuni yang tinggi dan evakuasi bangunan total, dapat dibutuhkan lebih banyak pintu yang dibuka selama waktu evakuasi. Metoda pada standar lain dapat digunakan untuk merancang sistem untuk mengakomodasi dimana dari beberapa pintu sampai hampir semua pintu dapat dibuka. Efek bukaan pintu ke luar biasanya jauh lebih besar dari pada bukaan pintu di dalam. Jika sistem dirancang untuk pintu membuka dan evakuasi bangunan total, jumlah pintu yang terbuka sebaiknya termasuk pintu sumur tangga bagian luar.

4.4 Pengendalian asap di lif

4.4.1 Secara historis, ruang luncur lif harus dibuktikan mempunyai jalur yang mudah dilihat untuk gerakan asap ke luar bangunan. Alasannya adalah pintu lif tidak dipasang secara rapat dan ruang luncur lif disediakan dengan bukaan di atasnya. Efek cerobong bangunan mendorong dengan gaya yang mampu menggerakkan asap ke dalam dan ke luar lepas dari konstruksi ruang luncur.

Metoda ini termasuk berikut:

- a) Pembuangan asap dari lantai yang terbakar.
- b) Presurisasi dari lobi lif yang tertutup.
- c) Konstruksi lobi lif yang rapat asap.
- d) Presurisasi ruang luncur
- e)* Menutup pintu lif setelah panggilan otomatis.

4.4.2 Metoda seperti ditunjukkan pada butir 4.4.1.1) sampai 5) telah dibahas baik secara sendiri-sendiri atau secara gabungan. Bagaimanapun juga penerapannya ke proyek tertentu, termasuk efek dari ven dalam ruang luncur lif, sebaiknya di evaluasi lebih dulu.

Ven terbuka pada puncak dari ruang luncur lif mungkin mempunyai efek yang tidak diinginkan pada sistem pengendalian asap lif.

4.4.3* Kebakaran telah menunjukkan kecenderungan asap untuk berpindah ke dalam ruang luncur. Karena itu, penggunaan lif sebagai jalan ke luar penyelamatan bukan menjadi pilihan. Penelitian menunjukkan bahwa lif selama kebakaran perlu, dan disediakan sistem lif yang diproteksi terhadap panas, nyala api, asap, kerugian daya listrik, kerugian pendinginan ruang mesin lif, gangguan air, dan aktivasi tak sengaja dari alat kontrol.

4.5 Pengendalian asap terzona

4.5.1 Umum

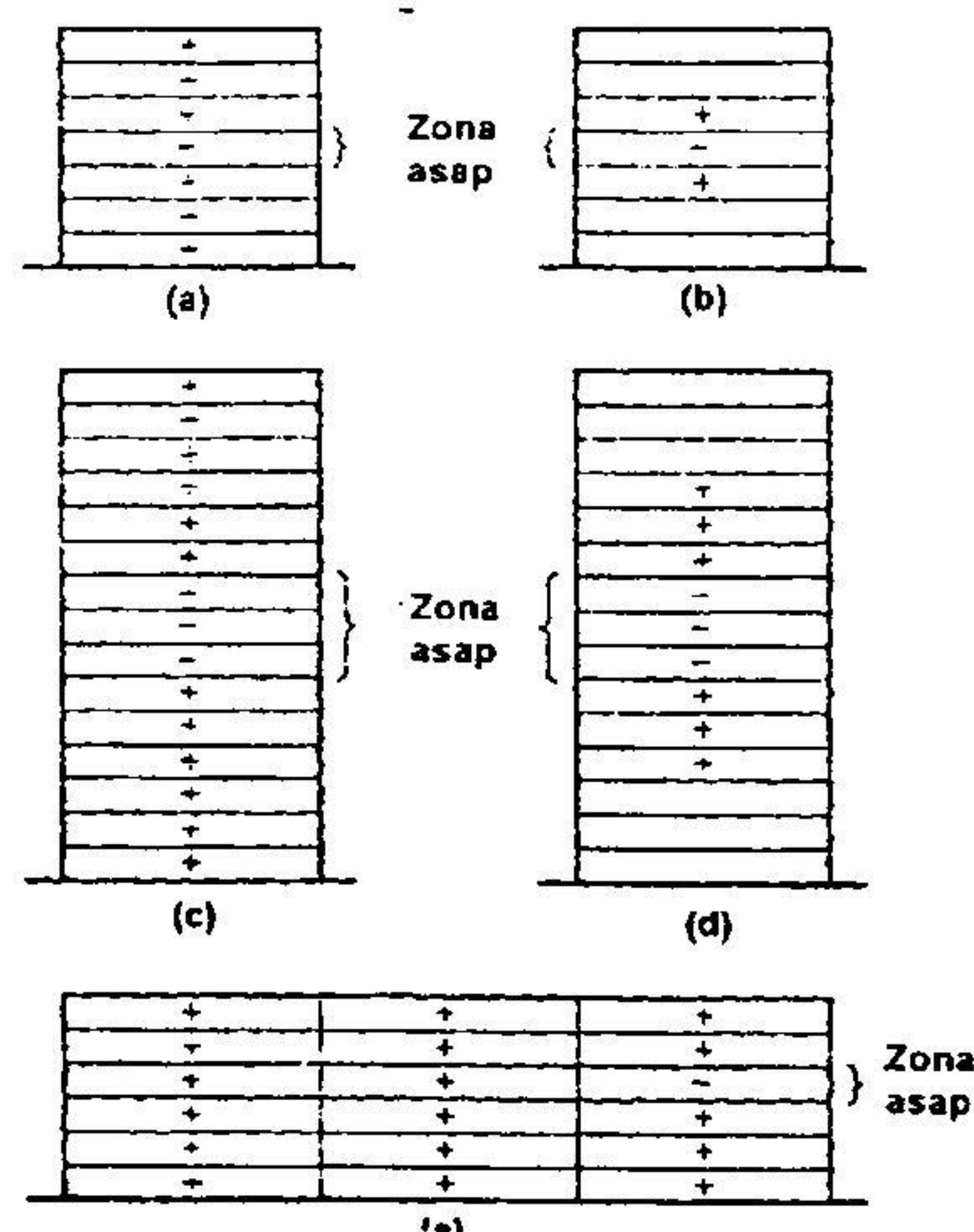
4.5.1.1 Sumur tangga dengan presurisasi seperti didiskusikan dalam butir 4.3 ditujukan untuk mengendalikan meluasnya asap dengan menghalang infiltrasi asap ke dalam sumur tangga, tetapi dalam bangunan dengan sumur tangga yang dipresurisasi seperti sarana pengendali asap tunggal, asap dapat mengalir melalui retakan di lantai dan partisi dan melalui saf lain yang mengancam jiwa dan merusak harta milik pada lokasi yang jauh dari kebakaran. Konsep pengendalian asap terzona didiskusikan dalam bab ini, ditujukan untuk membatasi jenis ini dari gerakan asap di dalam bangunan.

4.5.1.2 Pembatasan besarnya ukuran kebakaran (laju pembakaran massa) menaikkan

kehandalan dan kelangsungan sistem pengendalian asap. Besarnya ukuran kebakaran dapat dibatasi dengan pengendalian bahan bakar, kompartemenisasi, atau springkler otomatis. Mungkin penyediaan pengendalian asap dalam bangunan tidak mempunyai fasilitas pembatasan kebakaran, tetapi dalam contoh ini pertimbangan yang hati-hati harus dilakukan untuk tekanan kebakaran, temperatur tinggi, laju pembakaran massa, akumulasi bahan bakar yang tidak terbakar, dan hasil output lainnya dari kebakaran yang tak terkendali.

4.5.2 Zona pengendalian asap

4.5.2.1 Beberapa bangunan dapat dibagi ke dalam sejumlah zona pengendalian asap, setiap zona dipisahkan satu sama lain oleh partisi, oleh lantai, dan oleh pintu yang dapat ditutup untuk menghalangi gerakan asap. Zona pengendalian asap dapat terdiri dari satu atau lebih lantai, atau sebuah lantai dapat terdiri dari satu atau lebih zona pengendalian asap. Susunan dari beberapa zona pengendalian asap ditunjukkan pada gambar 4.5.2.1. Sistem pengendalian asap terzona sebaiknya dirancang agar perbedaan tekanan antara zona tanpa asap yang berdekatan dan zona asap memenuhi atau lebih dari perbedaan tekanan minimum yang diberikan pada tabel 4.2.1. dan pada lokasi dengan pintu, perbedaan tekanan sebaiknya tidak melebihi nilai yang diberikan pada tabel 4.2.2.



Gambar 4.5.2.1 Susunan zona pengendalian asap

Dalam gambar 4.5.2.1, zona asap ditunjukkan oleh tanda kurang (-) dan ruangan yang dipresurisasi ditunjukkan dengan tanda tambah (+). Pada setiap lantai dapat dibuat zona pengendalian asap seperti ditunjukkan pada (a) dan (b), atau zona asap dapat terdiri lebih dari lantai seperti ditunjukkan pada (c) dan (d). Semua zona tanpa asap dalam bangunan

dapat dipresurisasi seperti pada (a) dan (c), atau hanya zona tanpa asap yang berdekatan ke zona asap dapat dipresurisasi seperti pada (b) dan (d).

Zona asap dapat juga dibatasi untuk sebagian lantai seperti pada (e).

4.5.2.2 Dalam peristiwa kebakaran, perbedaan tekanan dan aliran udara yang dihasilkan oleh fan mekanis dapat digunakan untuk membatasi penyebaran asap ke zona dimana dimulainya kebakaran. Konsentrasi asap mungkin membuat zona tidak dapat dipertahankan. Pada sistem pengendalian asap terzona, evakuasi penghuni bangunan sebaiknya dilakukan sesegera mungkin setelah adanya deteksi kebakaran.

4.5.2.3* Zona asap sebaiknya dijaga sehingga evakuasi dari zona ini dapat mudah terlihat dan kuantitas udara yang dibutuhkan untuk presurisasi ruangan sekitarnya dapat dijaga dengan taraf yang terkendali.

Bagaimanapun juga, zona ini sebaiknya cukup besar sehingga panas yang dibangkitkan oleh kebakaran akan menjadi cukup diencerkan dengan udara disekitarnya untuk mencegah kegagalan komponen utama dari sistem pengendalian asap.

4.5.2.4 Apabila kebakaran terjadi, semua zona tanpa asap pada bangunan dapat dipresurisasi seperti ditunjukkan dalam gambar 4.5.2.1, bagian (a), (c) dan (e). Sistem ini membutuhkan jumlah yang besar dari udara luar. Lokasi yang berkaitan dengan inlet udara pasok dari sumbu tangga yang dipresurisasi tersebut (lihat butir 2.3.3) juga diterapkan untuk inlet udara pasok untuk zona tanpa asap.

4.5.2.5 Pada cuaca dingin, adanya jumlah yang besar dari udara luar dapat menyebabkan kerusakan yang serius dari sistem bangunan. Bagaimanapun, pertimbangan yang serius sebaiknya dilakukan untuk menggunakan sistem pra pemanas darurat dalam memanaskan udara yang datang dan membantu mencegah atau membatasi kerusakan.

Sebagai alternatif, presurisasi hanya pada zona yang berdekatan dengan zona asap akan dapat membatasi jumlah udara luar yang dibutuhkan, seperti dalam gambar 4.5.2.1, bagian (b) dan (d).

Karena itu, kerugian dari pembatasan ini adalah aliran asap mungkin akan melalui saf ke luar zona terpresurisasi dan ke dalam ruangan yang tidak terpresurisasi.

Apabila alternatif ini dipertimbangkan, penelitian yang hati-hati dari asap yang berpotensi mengalir sebaiknya dilakukan dan ditentukan mana yang dapat diterima.

4.5.2.6 Sinyal dan sistem alarm kebakaran dapat digunakan untuk mengaktifasi sistem pengendalian asap terzona yang cocok. Penggunaan sistem alarm kebakaran membutuhkan penyusunan zona yang tepat dengan zona pengendalian asap, agar aktivasi yang salah dari sistem pengendalian asap dapat dicegah.

4.5.2.7 Kecuali ventilasi atau buangan disediakan dalam zona kebakaran, perbedaan tekanan tidak akan ditimbulkan.

4.6* Daerah tempat berlindung

Pengendalian asap untuk daerah tempat berlindung dapat disediakan presurisasi. Untuk daerah tempat berlindung yang bersebelahan dengan sumbu tangga atau ketentuan

sebaiknya dibuat untuk mencegah kerugian tekanan atau tekanan lebih karena interaksi dari pengendalian asap daerah tempat berlindung dan pengendalian asap saf.

4.7 Sistem kombinasi

4.7.1 Umum

Pada beberapa kejadian, lebih dari satu sistem pengendalian asap akan beroperasi secara serempak. Untuk contoh, sumur tangga yang dipresurisasi dapat menyambung ke luas lantai yang merupakan bagian dari sistem pengendalian asap terzona. Ruang luncur lif yang merupakan bagian dari sistem pengendalian asap lif dapat menyambung ke luas lantai yang merupakan bagian dari sistem pengendalian asap terzona. Sistem pengendalian asap lif dapat dihubungkan ke daerah tempat berlindung yang mengarah dan dihubungkan dengan luas lantai yang merupakan bagian dari sistem pengendalian asap terzona. Selanjutnya dapat mempresurisasi sumur tangga yang juga dihubungkan ke daerah tempat berlindung.

Contoh dari satu sistem yang sederhana terdiri dari sumur tangga yang dipresurisasi seperti sarana pengendalian asap pada bangunan tunggal.

Kejadian selanjutnya, interaksi antara sumur tangga melalui bangunan, khususnya jika pintu dibuka dan ditutup, harus dipertimbangkan.

Sering sistem ini dirancang tidak bergantung terhadap pengoperasian yang mendapatkan gaya dinamik (contoh: pengapungan, efek cerobong, angin). Satu rancangan lengkap perlu untuk mengkaji pengaruh sistem pengendalian asap satu sama lain.

Untuk contoh, zona pembuangan asap dalam hubungannya dengan sistem presurisasi sumur tangga dapat cenderung untuk meningkatkan kinerja sistem presurisasi tangga.

Pada waktu yang bersamaan, sistem ini dapat menaikkan perbedaan tekanan di kedua sisi pintu, menyebabkan sulitnya pembukaan pintu ke dalam sumur tangga. Untuk sistem yang lengkap, direkomendasikan model jaringan komputer seperti yang dibicarakan dalam Bab 6, digunakan untuk analisis.

4.7.2 Pembuangan pada lantai yang terbakar

Pembuangan pada lantai yang terbakar dapat meningkatkan kinerja dan presurisasi sumur tangga. Manfaat dan sistem ini adalah mengurangi tekanan pada lantai yang terbakar, jadi menaikkan perbedaan tekanan di kedua sisi pintu sumur tangga. Sistem ini mungkin atau mungkin tidak sebagai bagian dari sistem pengendalian asap terzona. Buangan dari lantai yang terbakar sebaiknya dilepaskan ke luar bangunan dan dapat digunakan daya fan atau tidak digunakan daya fan, tergantung pada kondisi bangunannya. Perancangan sistem seperti ini sebaiknya termasuk analisa keteknikan dari cerobong dan pengaruh angin.

5 Peralatan dan pengendalian bangunan

5.1 Umum

Dengan beberapa modifikasi, sistem ventilasi dan pengkondisian udara bangunan konvensional dapat digunakan untuk menyediakan pengendalian asap pada bangunan. Berbagai jenis peralatan bangunan akan dibicarakan dalam bab ini, namun tidaklah praktis

untuk membicarakan keseluruhannya. Bab ini menyediakan informasi umum mengenai peralatan dan pengendaliannya, dan menyediakan pedoman yang dapat digunakan untuk menyesuaikan sebagian besar dari peralatan yang dimaksud.

5.2 Peralatan ventilasi dan pengkondisian udara

5.2.1 Umum

Peralatan ventilasi dan pengkondisian udara secara normal menyediakan sarana untuk memasok, menghisap balik dan menghisap buang udara dari suatu ruangan yang dikondisikan. Peralatan ventilasi dan pengkondisian udara dapat ditempatkan di dalam ruang yang dikondisikan, dalam ruang bersebelahan atau dalam ruang peralatan mekanikal yang berjauhan. Pada umumnya sistem ventilasi dan pengkondisian udara dapat disesuaikan dan digunakan sebagai pengendalian asap terzona.

5.2.2 Udara luar

Sistem ventilasi dan pengkondisian udara sebaiknya disediakan dengan udara luar yang cukup untuk memasok sedemikian hingga dapat dicapai perbedaan tekanan yang cukup untuk mencegah perpindahan asap ke dalam daerah yang tidak mengalami kebakaran/asap. Pembuangan asap secara mekanis ke udara luar dari zona asap juga sangat penting. Beberapa sistem ventilasi dan pengkondisian udara mempunyai kemampuan ini tanpa memerlukan perubahan. Bilamana udara pasok dan udara balik saling berhubungan sebagai bagian pengoperasian ventilasi dan pengkondisian udara normal, damper asap sebaiknya disediakan untuk memisahkan pemasokan dan pembuangan selama operasi pengendalian asap.

5.2.3 Jenis sistem pengolah udara ventilasi dan pengkondisian udara

Berbagai jenis dan susunan sistem pengolah udara umumnya digunakan pada berbagai fungsi bangunan. Beberapa jenis dapat dengan mudah disesuaikan untuk penerapan pengendalian asap daripada yang lain. Contoh jenis sistem pengolah udara diuraikan dalam butir 5.2.3.1. sampai 5.2.3.8.

5.2.3.1 Sistem terpisah tiap lantai

Penggunaan unit pengolah udara terpisah yang melayani satu lantai atau bagian dari satu lantai merupakan sesuatu yang biasa dalam pendekatan rancangan. Unit ventilasi dan pengkondisian udara ini dapat atau dapat tidak mempunyai fan isap balik atau fan isap buang yang terpisah. Bila fan-fan ini tidak terpisah, sebuah sarana untuk menyediakan pelepasan tekanan pada lantai kebakaran, bila tidak melalui damper pelepasan pada sistem dakting atau dengan sarana lain, sebaiknya diteliti. Udara luar dapat dipasok ke masing-masing unit pengolah udara melalui sarana berikut ini:

- a) kisi-kisi dan damper luar
- b) sistem dakting bersama yang digunakan untuk menangani jumlah udara yang dibutuhkan
- c) sistem dakting bersama dengan kecepatan fan pemasok yang dapat diubah

d) fan pemasok terpisah dengan kecepatan yang dapat diubah

Unit pengolah udara dapat digunakan untuk pengendalian asap apabila udara luar yang cukup dan kemampuan pembuangan udara tersedia.

5.2.3.2 Sistem banyak lantai terpusat

Beberapa bangunan menggunakan peralatan ventilasi dan pengkondisian udara terpusat dalam ruangan mekanikal utama yang melayani banyak lantai dalam bangunan. Sistem ventilasi dan pengkondisian udara jenis ini memerlukan pemasangan damper pada saf terhadap api dan asap dalam rangka untuk menyediakan pembuangan dari lantai kebakaran dan menyediakan presurisasi pada lantai yang bersebelahan dengan menggunakan udara luar. Karena fan sistem terpusat ini dapat berkapasitas besar, kehati-hatian sebaiknya diambil dalam merancang sistem, termasuk sarana pencegah tekanan lebih di dalam sistem dakting, untuk mencegah keretakan, keruntuhan atau kerusakan lainnya. Suatu sarana sebaiknya disediakan untuk mengendalikan tekanan di dalam eksit dan koridor yang dapat menghambat buka dan tutup pintu.

5.2.3.3 Unit fan / koil dan unit pompa panas sumber air

Jenis fan/ koil dan pompa panas sumber air dari unit pengolah udara seringkali ditempatkan pada sekitar perimetri lantai bangunan untuk mengkondisikan zona-zona perimetri. Dapat juga ditempatkan sepanjang daerah keseluruhan lantai untuk memberikan pengkondisian udara pada seluruh ruangan. Karena unit fan/ koil dan pompa panas sumber air ini mempunyai kemampuan pasokan udara luar yang kecil dan pada umumnya cukup sulit melakukan konfigurasi ulang untuk tujuan pengendalian asap, jenis ini secara umum tidak sesuai untuk melakukan fungsi pengendalian asap. Apabila unit ini mempunyai sarana pemasokan udara luar dalam zona asap, unit seperti ini sebaiknya dimatikan apabila zona tersebut diberi tekanan negatif.

Unit fan/ koil dan pompa panas sumber air biasanya digunakan dalam kombinasi dengan unit pengolah udara peralatan ventilasi dan pengkondisian udara pusat yang lebih besar atau bersama dengan unit pengolah udara zona dalam ruangan terpisah. Fungsi pengendalian asap zona sebaiknya disediakan oleh unit pengolah udara pusat yang lebih besar atau oleh unit pengolah udara zona dalam ruangan.

5.2.3.4 Sistem induksi

Unit pengolah udara jenis induksi yang biasanya dipasang disekitar perimetri suatu bangunan terutama digunakan untuk mengkondisikan zona perimetri dari suatu bangunan lama bertingkat banyak. Sebuah sistem ventilasi dan pengkondisian udara terpusat memasok udara bertekanan tinggi yang dipanaskan atau didinginkan ke masing-masing unit induksi perimetri. Udara dalam ruangan selanjutnya diinduksikan ke dalam unit induksi, dicampur dengan udara primer dan sistem pengkondisian udara sentral dan melepaskannya ke dalam ruangan.

Unit induksi dalam zona asap sebaiknya dimatikan atau sebaiknya mempunyai penutupan udara primer yang diawali dari pengendalian asap dalam zona asap.

5.2.3.5 Sistem dua dakting dan sistem banyak zona

Unit ventilasi dan pengkondisian udara yang digunakan dalam sistem dua dakting dan sistem banyak zona mempunyai koil pendingin dan pemanas, masing-masing berada pada kompartemen atau dek yang terpisah.

Sistem dua dakting mempunyai dakting panas dan dakting dingin terpisah yang menghubungkan dek dengan kotak pencampur yang mencampurkan udara yang dipasok ke dalam ruangan yang dilayani. Untuk sistem bertekanan tiriggi, kotak pencampur juga berperan untuk mengurangi tekanan sistem.

Sistem banyak zona mencampur udara dingin dan udara panas pada unit pengolah udara dan memasukkan campuran ini melalui dakting bertekanan rendah ke masing-masing ruangan.

Pengendalian asap dapat dicapai dengan memasok udara maksimum ke dalam daerah-daerah yang bersebelahan dengan zona asap. Hal ini sebaiknya dilakukan dengan menggunakan dek yang dingin karena ini biasanya dirancang untuk menangani udara dalam jumlah besar. Untuk zona asap, fan pasok sebaiknya dimatikan.

5.2.3.6 Sistem volume udara variabel

Sistem volume udara variabel bisa sistem terpisah tiap lantai (lihat butir 5.2.3.1) atau sistem banyak lantai terpusat (lihat butir 5.2.3.2) yang disediakan dengan alat terminal yang secara tipikal memasok pendinginan saja. Daerah terpisah yang dilayani oleh sistem pada umumnya mempunyai sumber pemanasan lain (misal papan pemanas atau lemari pemanas). Sistem volume udara variabel memvariasikan jumlah udara dingin yang dipasok ke ruang hunian berdasarkan kebutuhan nyata ruangan. Beberapa sistem volume udara variabel mem-*bypass* udara pasokan ke sisi masukan udara balik dari fan untuk mengurangi volume dan tekanan resultan udara pasokan untuk menghindari kerusakan pada fan atau dakting. Pada moda pengendalian asap, rem-*bypass*-an seperti ini sebaiknya ditutup. Untuk pengendalian asap, kecepatan fan pasok sistem volume udara variabel sebaiknya dinaikkan dan pengendali unit terminal. volume udara variabel sebaiknya dikonfigurasi untuk membuka terminal dalam non zona asap untuk memasok udara luar dalam jumlah maksimum untuk memberikan penekanan di dalam ruangan apabila jumlah udara mencukupi. Damper *bypass* pada sistem yang menggunakan metode ini sebaiknya tertutup. Hal ini memungkinkan untuk memperoleh pengendalian asap dengan sistem volume udara variabel memasok jumlah udara minimal, tetapi kehati-hatian sebaiknya diambil untuk menjamin adanya tekanan yang cukup di dalam ruangan.

5.2.3.7 Sistem terminal dengan fan penggerak

Unit terminal dengan fan penggerak menerima volume udara berubah dari udara dingin primer dan udara balik yang dipadukan dalam unit terminal untuk memberikan volume konstan dari udara pasok dengan temperatur yang berubah pada ruang hunian. Unit terminal ini terdiri dari sebuah fan volume udara konstan untuk memasok udara yang dipadukan ke ruang hunian, sambungan udara primer dengan pengendali damper, dan bukaan udara balik. Unit terminal yang melayani zona perimetri dapat mempunyai koil pemanas untuk

memberikan panas tambahan pada zona perimetri tersebut. Dalam moda pengendalian asap, fan unit terminal yang diletakkan dalam zona asap ini sebaiknya dimatikan dan damper udara primer ditutup. Unit terminal yang melayani zona yang bersebelahan dengan zona asap dapat terus beroperasi.

5.2.3.8 Sistem gabungan

Kombinasi contoh-contoh yang diuraikan pada butir 5.2.3.1. sampai 5.2.3.7. kadang dipergunakan, khususnya pada daerah bangunan yang diubah untuk pemakaian yang berbeda dari tujuan semula. Kehati-hatian sebaiknya dilakukan dalam penerapan jenis yang berbeda dari unit terminal volume variabel untuk menentukan pengaruhnya pada pengendalian asap terzona. Rancangan sebaiknya didasarkan pada kemampuan konfigurasi sistem untuk menghasilkan tekanan positif atau negatif yang diperlukan bagi pengendalian asap.

5.2.4 Sistem ventilasi

Pada keadaan tertentu, sistem-sistem yang dikhususkan tanpa udara luar dipergunakan untuk pendinginan dan pemanasan utama. Dalam sistem ini termasuk pengkondisi udara berdiri sendiri, sistem panel radiasi panas, dan unit ruang komputer. Karena sistem ini tidak menyediakan udara luar, maka tidak sesuai untuk penerapan pengendalian asap.

Karena standar mensyaratkan adanya ventilasi untuk semua lokasi yang dihuni, maka sistem terpisah untuk menyediakan udara luar diperlukan. Sistem pasokan udara luar dapat digunakan untuk pengendalian asap meskipun jumlah udara yang disediakan mungkin tidak mencukupi untuk presurisasi penuh.

5.2.5 Sistem penggunaan khusus

Laboratorium, fasilitas perawatan binatang, beberapa fasilitas ruman sakit dan jenis penghunian tak lazim lainnya kadang menggunakan sistem udara luar satu arah untuk menghindari kontaminasi dan dapat memiliki persyaratan proses penyaringan dan presurisasi yang khusus. Sistem penggunaan khusus ini dapat disesuaikan untuk penerapan pengendalian asap. Kehati-hatian sebaiknya dilakukan untuk menghindari kontaminasi pada ruang bebas kuman, ruang percobaan, ruang proses dan daerah sejenis lainnya.

5.3 Damper asap

Damper asap yang digunakan untuk memproteksi bukaan dalam penghalang asap atau digunakan sebagai damper terkait dengan keselamatan pada sistem pengendalian asap keteknikan sebaiknya diklasifikasikan dan dilabel sesuai ketentuan berlaku.

Damper dalam sistem pengendalian asap sebaiknya dievaluasi untuk kemampuannya beroperasi di bawah kondisi-kondisi yang diantisipasi dari pengoperasian sistem.

5.4 Kontrol

5.4.1 Koordinasi

Sistem kontrol sebaiknya mengkoordinasikan dengan sepenuhnya fungsi-fungsi sistem pengendalian asap di antara sistem alarm kebakaran, sistem springkler, sistem pengendalian asap untuk petugas pemadam kebakaran, dan sistem-sistem lain terkait dengan sistem ventilasi dan pengkondisian udara dan peralatan pengendalian asap bangunan yang lain.

5.4.2 Kontrol sistem ventilasi dan pengkondisian udara

5.4.2.1 Operasi kontrol sistem ventilasi dan pengkondisian udara sebaiknya dirancang atau dimodifikasi untuk mengakomodasi moda pengendalian asap, yang mana sebaiknya mempunyai prioritas lebih tinggi melebihi seluruh moda pengendalian lain

5.4.2.2 Beberapa jenis sistem kontrol biasa dipergunakan untuk sistem ventilasi dan pengkondisian udara. Sistem kontrol ini menggunakan unit kontrol pneumatik, listrik, elektronik dan unit berbasis logika terprogram. Semua sistem kontrol ini dapat disesuaikan untuk menyediakan logika dan urutan kerja kontrol guna mengkonfigurasi sistem ventilasi dan pengkondisian udara untuk tujuan pengendalian asap. Unit kontrol elektronik berbasis logika terprogram (misal berbasis mikroprosesor) yang mengontrol dan memantau sistem ventilasi dan pengkondisian udara seperti halnya fungsi-fungsi kontrol dan pemantauan bangunan lainnya. tersedia siap digunakan untuk menyediakan logika dan urutan kerja pengontrolan yang diperlukan bagi moda operasi pengendalian asap dari sistem ventilasi dan pengkondisian udara.

5.4.3 Aktivasi dan de-aktivasi sistem pengendalian asap

Aktivasi sistem pengendalian asap adalah mengawali moda operasional sistem pengendalian asap. De-aktivasi adalah penghentian moda operasional sistem pengendalian asap. Sistem pengendalian asap secara normal sebaiknya diaktifkan secara otomatis, namun pada keadaan tertentu, aktivasi manual mungkin lebih tepat. Baik pada aktivasi otomatis maupun manual, sistem pengendalian asap sebaiknya mampu dioperasikan secara manual.

Berdasarkan rancangan dan kinerja yang diharapkan dari sistem pengendalian asap, pertimbangan sebaiknya diberikan pada posisi (misal membuka atau tertutup) damper asap pada kehilangan daya dan pada penghentian dari sistem fan yang melayani damper.

5.4.3.1 Aktivasi otomatis

Aktivasi (atau deaktivasi) otomatis termasuk semua sarana di mana alat deteksi kebakaran khusus atau kombinasi alat tersebut menyebabkan aktivasi satu atau lebih sistem pengendalian asap tanpa gangguan manual. Untuk tujuan aktivasi otomatis, alat deteksi kebakaran termasuk alat otomatis seperti detektor asap, saklar aliran air, dan detektor panas.

5.4.3.2 Aktivasi manual

Aktivasi (atau deaktivasi) manual mencakup semua sarana yang di mana petugas berwenang mengaktifkan satu atau lebih sistem pengendalian asap melalui sarana kontrol yang tersedia untuk maksud tersebut. Untuk tujuan aktivasi manual, lokasi pengendali dapat ditempatkan pada alat kontrol, pada panel kontrol lokal, pada pusat kontrol utama bangunan, atau pada stasiun komando kebakaran. Lokasi-lokasi khusus tersebut sebaiknya sesuai yang dipersyaratkan oleh instansi yang berwenang. Stasiun alarm kebakaran manual sebaiknya tidak boleh digunakan untuk mengaktifkan sistem pengendalian asap, yang mana, untuk beroperasi dengan benar, mensyaratkan informasi lokasi kebakaran, oleh sebab kemungkinan dari seseorang memberikan sinyal alarm dari suatu stasiun di luar zona asal kebakaran.

5.4.3.3 Waktu tanggap

Aktivasi sistem pengendalian asap sebaiknya diawali segera setelah menerima perintah aktivasi otomatis atau manual yang benar. Sistem pengendalian asap sebaiknya mengaktifkan komponen-komponen terpisah (misal damper, fan) dalam urutan yang diperlukan untuk mencegah kerusakan fisik dari fan, damper, dakting, dan peralatan lain. Waktu tanggap total yang diperlukan komponen-komponen terpisah untuk mencapai kondisi atau moda operasional yang diinginkan sebaiknya tidak boleh melebihi jangka waktu berikut:

- a) Pengoperasian fan pada keadaan yang diinginkan: 60 detik
- b) Gerakan damper penuh: 75 detik

5.4.3.4 Pos Pengendalian Asap untuk Petugas Pemadam Kebakaran (PPAPPK)

5.4.3.4.1 Suatu Pos Pengendalian Asap untuk Petugas Pemadam Kebakaran (PPAPPK) sebaiknya disediakan untuk semua sistem pengendalian asap. PPAPPK sebaiknya menyediakan indikasi status dan kontrol manual yang lengkap pada semua peralatan dan sistem pengendalian asap. Indikator status dan kontrol sebaiknya disusun dan diberi label secara logis dan jelas untuk menyampaikan tujuan sistem yang diharapkan pada petugas pemadam kebakaran yang mungkin tidak mengenal sistem. Operator pengendalian sebaiknya disediakan untuk tiap zona pengendalian asap, tiap sejumlah peralatan yang mampu mengaktifasi pengendalian asap, atau kombinasi dari pendekatan ini. Diagram dan gambaran grafik sistem sebaiknya dipergunakan; namun mungkin tidak memerlukan persetujuan instansi berwenang.

5.4.3.4.2 Denah, penandaan dan lokasi PPAPPK sebaiknya ditinjau ulang data disetujui instansi pemadam kebakaran atau pejabat terkait sebelum pemasangan.

5.4.3.4.3 PPAPPK sebaiknya memiliki prioritas pengendalian tertinggi atas semua sistem dan peralatan pengendalian asap. Bilamana kontrol manual untuk sistem pengendalian asap juga tersedia di lokasi lain dari bangunan, moda pengendalian asap yang dipilih dari PPAPPK sebaiknya lebih unggul. Pengendalian dari PPAPPK sebaiknya mampu mengabaikan atau mem-*bypass* pengendalian bangunan lainnya seperti saklar ON - OFF dan saklar start/ stop yang terletak pada pengendali motor fan dan detektor asap pada

dakting. Pengendalian dan PPAPPK sebaiknya tidak mendahului berfungsinya peralatan supresi kebakaran, peralatan listrik, atau alat proteksi lainnya.

Kemampuan pengendalian fan dari PPAPPK tidak perlu mem-*bypass* saklar ON-OFF atau saklar start/stop yang diletakkan pada pengendali motor dari fan sistem pengendalian asap tak terdedikasi, bilamana kondisi yang ada sebagai berikut:

- a) Pengendali motor fan tersebut ditempatkan dalam ruangan peralatan mekanikal atau ruangan peralatan listrik atau ruangan lain yang hanya dapat dimasuki petugas yang berwenang
- b) Pemakaian saklar pengendali motor tersebut untuk menjalankan atau mematikan fan akan menyebabkan penunjukkan off-normal pada pusat pengendali bangunan utama selama pengkondisian udara normal atau pengoperasian pengendali bangunan dari fan tak terdedikasi.

5.4.3.4.4 Indikasi status positif (ON dan OFF) sebaiknya disediakan untuk fan sistem pengendalian asap terdedikasi dan untuk semua fan tak terdedikasi yang mempunyai kapasitas melebihi 57 m³/menit (2000 f³/menit) dan dipergunakan untuk pengendalian asap. Status ON sebaiknya diindera oleh beda tekanan, saklar aliran udara, atau indikasi lainnya yang menunjukkan aliran adanya udara. Indikasi tidak langsung dari status fan bukanlah pembuktian positif dari aliran udara. Indikasi tambahan seperti misalnya posisi damper dapat disediakan apabila diperlukan sesuai dengan kompleksitas dari sistem. Status fan individu tidak perlu disediakan untuk fan yang operasinya sudah termasuk di dalam indikasi status dari zona pengendalian asap.

5.4.4 Kontrol untuk sistem presurisasi tangga

Kriteria untuk aktivasi sistem presurisasi tangga sebaiknya seperti yang direkomendasikan pada butir 3.4.4.1. dan 3.4.4.2.

5.4.4.1 Aktivasi otomatis

Pengoperasian setiap zona sistem alarm kebakaran bangunan sebaiknya menyebabkan semua fan presurisasi tangga start. Pada keadaan tertentu mungkin diinginkan hanya sebagian sumur tangga yang dipresurisasi sesuai dengan konfigurasi dan kondisi bangunan. Detektor asap sebaiknya dipasang pada pasokan udara yang menuju ke sumur tangga yang dipresurisasi. Pada saat mendeteksi adanya asap, fan pemasok sebaiknya dimatikan.

5.4.4.2 Aktivasi manual

Saklar *override* manual sebaiknya dipasang pada PPAPPK untuk menstart kembali fan presurisasi sumur tangga yang telah dimatikan oleh detektor asap, bilamana bahwa bahaya yang terjadi karena masuknya asap ke dalam sumur tangga melalui fan lebih kecil daripada masuknya asap ke dalam sumur tangga dari ruang yang bersebelahan.

5.4.5 Kontrol untuk Sistem Pengendalian Asap Terzona

5.4.5.1 Umum

Kriteria untuk aktivasi sistem pengendalian asap terzona sebaiknya sesuai dengan butir 5.4.5.1. dan 5.4.5.2.

5.4.5.1.1 Aktivasi otomatis.

Sistem pendeteksian asap otomatis dapat digunakan untuk mengaktifkan secara otomatis suatu sistem pengendalian asap terzona. Cakupan terbatas dari sistem deteksi asap dapat mempunyai luasan lebih besar dari 84 m² (900 ft²) setiap detektor, apabila detektor asap ini ditempatkan sedemikian rupa sehingga dapat mendeteksi asap sebelum asap tersebut meninggalkan zona asap. Penempatan detektor asap dan penetapan zona detektor sebaiknya dianalisis dengan cermat untuk memperoleh sistem pendeteksian asap yang akan akurat menunjukkan zona asap yang benar.

Aktuasi otomatis sistem pengendalian asap terzona yang dirancang untuk membuang (asap) dari daerah kebakaran dan memasok udara ke daerah lain, sebaiknya dipertimbangkan dengan hati-hati sebelum dilakukan oleh karena adanya kemungkinan aktuasi suatu detektor di luar zona asal kebakaran.

Saklar aliran air atau detektor panas yang melayani zona asap dapat digunakan untuk mengaktifkan sistem pengendalian asap terzona apabila pemipaan dan pengkabelan dari peralatan tersebut sesuai ketentuan zona pengendalian asap.

5.4.5.1.2 Aktivasi manual

Kontrol dengan aktivasi dan deaktivasi secara manual terhadap sistem presurisasi tangga sebaiknya disediakan pada PPAPPK serta juga pada pusat pengendalian bangunan. Sebagai tambahan, PPAPPK sebaiknya mampu mengesampingkan penghentian secara otomatis fan presurisasi tangga disebabkan pendeteksian asap, sesuai dengan pertimbangan komandan regu pemadam kebakaran.

Sistem pengendalian asap terzona sebaiknya tidak diaktifkan dari titik panggil manual yang terhubung ke sistem alarm kebakaran bangunan. Belum pasti bahwa titik panggil manual berada dalam zona asap. Titik panggil manual tersebut dapat dipakai untuk menutup pintu yang terdapat pada dinding pemisah asap sebelum aktivasi sistem pengendalian asap.

Saklar manual yang dioperasikan dengan kunci dan ditempatkan didalam zona asap yang ditandai secara jelas untuk mengidentifikasi fungsinya dapat digunakan untuk mengaktifkan secara manual sistem pengendalian asap yang dimiliki oleh zona. Apabila suatu PPAPPK disediakan, sistem pengendalian asap terzona sebaiknya dapat diaktifkan secara manual dari PPAPPK dengan saklar yang ditandai dengan jelas untuk mengidentifikasi zona dan fungsi. Sebagai tambahan, apabila bangunan dilengkapi dengan pusat pengendalian utama, sistem pengendalian asap terzona sebaiknya juga mampu diaktifkan secara manual dari pusat pengendali utama bangunan.

Diperlukan kehati-hatian ketika memilih suatu aktivasi manual untuk memastikan tersedianya petugas terlatih selama 24 jam sehari, 7 hari seminggu. Apabila hal ini tidak dapat dipastikan, suatu sistem otomatis dengan cadangan manual sebaiknya digunakan.

5.4.5.2* Urutan kontrol dan prioritas

Aktivasi (atau deaktivasi) otomatis maupun manual dari sistem pengendalian asap terzona sebaiknya merupakan sasaran dan urutan kontrol dan prioritas sebagaimana diberikan pada butir 5.4.5.2.1. dan 5.45.22

5.4.5.2.1 Aktivasi otomatis

Aktivasi otomatis sistem dan peralatan untuk pengendalian asap terzona sebaiknya memiliki prioritas tertinggi di atas semua sistem pengendalian otomatis dalam bangunan. Apabila peralatan yang digunakan untuk pengendalian asap juga dipergunakan pada pengoperasian bangunan secara normal, pengendalian peralatan ini sebaiknya dikembalikan seperti semula atau dikesampingkan seperti yang dipersyaratkan untuk pengendalian asap. Peralatan ini, termasuk fan pasok udara/udara balik dan damper, tergantung pada kontrol otomatis sesuai jadwal penghunian bangunan, manajemen energi, atau tujuan lain. Kontrol berikut ini sebaiknya tidak boleh dikesampingkan secara otomatis

- a) Batas atas (maksimum) tekanan statis
- b) Detektor asap dakting pada sistem pasokan udara

5.4.5.2.2 Aktivasi dan deaktivasi manual

Aktivasi atau deaktivasi secara manual sistem dan peralatan, pengendalian asap terzona sebaiknya mempunyai prioritas di atas aktivasi otomatis sistem dan peralatan pengendalian asap, juga di atas semua sistem kontrol otomatis didalam bangunan. Apabila peralatan yang digunakan untuk pengendalian asap terzona di bawah kendali dari aktivasi otomatis sebagai tanggapan terhadap alarm dari suatu detektor kebakaran otomatis dari suatu sistem alarm kebakaran, atau bila peralatan tersebut tergantung pada kontrol otomatis sesuai jadwal penghunian bangunan, strategi manajemen energi, atau tujuan yang bukan darurat lainnya, sistem pengendali otomatis yang seperti ini sebaiknya dikembalikan seperti semula atau dikesampingkan melalui aktivasi atau deaktivasi manual dari peralatan pengendalian asap. Kontrol manual yang khusus disediakan untuk tujuan ini sebaiknya ditandai dengan jelas untuk menunjukkan zona dan fungsi yang dilayani. Kontrol manual yang secara bersama digunakan baik untuk pengendalian asap maupun tujuan pengendalian bangunan lainnya, seperti yang terdapat pada pusat kontrol utama bangunan, sebaiknya mencakup sepenuhnya fungsi pengendalian asap sebagai mana tercantum dalam dokumentasi operasional untuk pusat control.

5.4.5.3 Urutan

Sistem pengendalian asap yang terpisah sebaiknya diaktifkan dalam suatu keseluruhan urutan tertentu untuk memastikan manfaat yang maksimum dan meminimalkan setiap kerusakan atau pengaruh yang tidak diinginkan pada dakting atau peralatan.

5.4.5.4* Jadwal

Setiap perbedaan konfigurasi sistem pengendalian asap sebaiknya ditentukan sepenuhnya dalam format jadwal yang termasuk tap' tidak terbatas pada parameter sebagai berikut

- a) Zona kebakaran yang mengaktifasi secara otomatis sistem pengendalian asap.
- b) Jenis sinyal yang mengaktifkan sistem pengendalian asap seperti misalnya aliran air pada sprinkler, atau detektor asap
- c) Zona asap yang menerapkan pembuangan mekanis maksimum ke luar dan tidak menyediakan udara pasok.
- d) Zona pengendalian asap tekanan positif yang menerapkan pasokan udara maksimum dan tidak menyediakan pembuangan keluar.
- e) Fan dalam keadaan 'ON' sebagaimana diperlukan untuk mengimplementasikan sistem pengendalian asap. Fan yang memiliki kecepatan jamak sebaiknya ditandai dengan tanda FAST atau MAX. VOLUME untuk memastikan konfigurasi kontrol yang diinginkan.
- f) Fan dalam keadaan "OFF" seperti yang diperlukan untuk mengimplementasikan sistem pengendalian asap.
- g) Damper dalam keadaan "OPEN", apabila harus dicapai aliran udara maksimum.
- h) Damper dalam keadaan "CLOSE", apabila tidak ada aliran udara.
- i) Fungsi tambahan kemungkinan diperlukan untuk mencapai konfigurasi sistem pengendalian asap atau kemungkinan dikehendaki sebagai tambahan terhadap pengendalian asap. Perubahan atau pengesampingan titik set pengendalian tekanan statik operasi normal sebaiknya juga diindikasikan bila diperlukan
- j) Posisi damper pada kegagalan fan. 5.4.5.5.* Respon otomatis terhadap sinyal jamak

Dalam kejadian sinyal diterima lebih dari satu zona asap, sistem sebaiknya meneruskan operasi otomatis di bawah moda yang telah ditentukan oleh sinyal yang pertama diterima. Meskipun demikian sistem yang dirancang untuk beroperasi pada zona jamak yang hanya menggunakan peralatan pendeteksi yang diaktifkan oleh panas, dapat memperluas strategi kontrol untuk menampung zona tambahan, sampai dengan batas rancangan sistem mekanikal.

5.4.6 Verifikasi sistem kontrol

Setiap sistem pengendalian asap terdedikasi dan elemen pengendalian asap terdedikasi dalam sistem pengendalian asap tak terdedikasi sebaiknya mempunyai sarana yang memastikan akan beroperasi bila diaktifkan. Sarana dan frekuensi akan berbeda menurut kerumitan dan kepentingan sistem.

5.5 Manajemen energi

Sistem manajemen energi yang khususnya untuk mengatur siklus fan pasokan, balikan, dan pembuangan untuk penghematan energi sebaiknya dikesampingkan apabila pengendaliannya atau pengoperasiannya menimbulkan pertentangan dengan moda pengendalian asap. Karena moda pengoperasian pengendalian asap adalah sesuatu moda operasi yang tidak normal tetapi kritis (membahayakan), maka sebaiknya mengambil prioritas melebihi semua moda pengendalian manajemen energi dan pengendalian bukan darurat lainnya.

5.6 Bahan

5.6.1 Bahan yang digunakan untuk menyediakan sistem pengendalian asap sebaiknya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

5.6.2 Bahan dakting sebaiknya terpilih dan dakting sebaiknya dirancang untuk dapat menyalurkan asap, menahan tekanan tambahan (baik negatif maupun positif) oleh fan pasok dan fan buang, apabila beroperasi dalam moda pengendalian asap, dan mempertahankan integritas strukturnya selama jangka waktu dimana sistem sebaiknya beroperasi.

5.6.3 Peralatan yang termasuk, tetapi tidak terbatas pada fan, dakting, dan damper balans sebaiknya sesuai dengan tujuan penggunaannya dan kemungkinan temperatur yang dihadapinya.

5.7 Instalasi pelayanan listrik

5.7.1 Semua instalasi elektrikal sebaiknya memenuhi persyaratan SNI 04-0225-2000 tentang Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000).

5.7.2 Daya elektrikal normal yang melayani sistem pengkondisian udara umumnya cukup handal untuk sistem pengendali asap terzona tak terdedikasi.

5.7.3 Penentuan kebutuhan daya pengganti sebaiknya mempertimbangkan sistem pengendalian asap dan sistem kontrolnya

6 Analisis sistem pengendalian asap

6.1 Umum

Analisis rancangan sistem pengendalian asap dapat dilaksanakan dengan persamaan rancangan atau program aliran jaringan komputer.

6.2 Persamaan rancangan

Persamaan yang dapat digunakan untuk analisis presurisasi sumur tangga dan pengendalian asap di lif berdasarkan realisasi mengenai kesamaan kebocoran dari lantai ke lantai dan tidak ada kebocoran melalui lantai.

6.3* Model jaringan komputer

Model jaringan komputer menyediakan cara untuk menghitung aliran udara dan beda tekanan seluruh bangunan yang menerapkan sistem pengendalian asap. Pada program jaringan, sebuah bangunan direpresetasikan oleh suatu jaringan ruang dan nod, masing-masing berada pada tekanan dan temperatur tertentu. Udara mengalir melalui jalur kebocoran dari daerah tekanan tinggi ke daerah tekanan rendah. Jalur kebocoran ini adalah pintu dan jendela yang dapat dibuka dan ditutup. Kebocoran dapat juga terjadi melalui partisi, lantai dan dinding luar serta atap. aliran udara melalui jalur kebocoran adalah fungsi dari beda tekanan di kedua sisi jalur kebocoran.

Pada model jaringan, udara dari luar bangunan dapat dialirkan ke dalam ruang bangunan

melalui sistem presurisasi, dan ruang bangunan dapat dibuang ke luar. Model jaringan memberikan simulasi pada presurisasi sumur tangga, presurisasi saf lif, pengendalian asap terzona, dan jenis-jenis lain dan sistem pengendalian asap. Tekanan seluruh bangunan dan laju aliran mantap yang melalui seluruh jalur aliran diperoleh dengan menyelesaikan jaringan aliran udara, termasuk tenaga penggerak seperti angin, sistem presurisasi, dan beda temperatur antara luar dan dalam bangunan. Terdapat banyak model jaringan yang menggunakan variasi terminologi dan mempunyai sejumlah kelengkapan yang mendukung.

6.4 Analisis lanjutan

Penghitungan rancangan direkomendasikan untuk kondisi berikut:

- a) Rancangan pada keadaan cuaca dingin dengan kebocoran yang rendah pada bangunan.
- b) Rancangan pada keadaan cuaca panas dengan kebocoran yang rendah pada bangunan.
- c) Rancangan pada keadaan cuaca dingin dengan kebocoran yang tinggi pada bangunan.
- d) Rancangan pada keadaan cuaca panas dengan kebocoran yang tinggi pada bangunan.

6.5 Luas kebocoran

Pada rancangan sistem pengendalian asap, jalur aliran udara sebaiknya diidentifikasi dan dievaluasi. Beberapa jalur kebocoran adalah nyata, seperti celah disekeliling pintu tertutup, pintu terbuka, pintu jendela dan kisi-kisi udara. Retakan pada konstruksi di dalam dinding dan lantai bangunan kurang tampak tetapi tidak kalah penting. Luas aliran dari bukaan besar pada umumnya dapat dihitung dengan mudah. Luas aliran retakan tergantung pada keahlian kerja, sebagai contoh, bagaimana sebaiknya pintu dipasang dengan teliti atau bagaimana sebaiknya tali air dipasang. Luas kebocoran tipikal dari retakan pada konstruksi di dinding dan lantai dari bangunan komersial terdapat pada daftar dalam Tabel 6.5.

Tabel 6.5. Luas Kebocoran Tipikal untuk Dinding dan Lantai dari Bangunan Komersial

Elemen Konstruksi	Kerapatan	Rasio Luas ¹
Dinding luar bangunan (meliputi retakan konstruksi dan retakan sekeliling jendela dan pintu)	Rapat ²	$0,50 \times 10^{-4}$
	Rata-rata ²	$0,17 \times 10^{-3}$
	Longgar ²	$0,35 \times 10^{-3}$
	Sangat Longgar ²	$0,12 \times 10^{-2}$
Dinding sumur tangga (meliputi retakan konstruksi, tetapi bukan retakan disekeliling jendela dan pintu)	Rapat ³	$0,14 \times 10^{-4}$
	Rata-rata ³	$0,11 \times 10^{-3}$
	Longgar ³	$0,35 \times 10^{-3}$
Dinding saf lif (meliputi retakan konstruksi, tetapi bukan retak dan celah sekeliling pintu)	Rapat ³	$0,18 \times 10^{-3}$
	Rata-rata ³	$0,84 \times 10^{-3}$
	Longgar ³	$0,18 \times 10^{-2}$
Lantai (meliputi retakan konstruksi dan celah sekeliling penetrasi)	Rapat ⁴	$0,66 \times 10^{-5}$
	Rata-rata ⁵	$0,52 \times 10^{-4}$
	Longgar ⁴	$0,17 \times 10^{-3}$

¹ Untuk dinding, rasio luas adalah luas kebocoran melalui dinding dibagi oleh total luas dinding. Untuk lantai, rasio luas adalah luas dari kebocoran melalui lantai dibagi oleh luas total lantai.

² Nilai-nilai tersebut berdasarkan pengukuran dari Tamura dan Shaw (1976a), Tamura dan Wilson (1966), dan Shaw, Reardon, dan Cheung (1993).

³ Nilai-nilai tersebut berdasarkan pengukuran Tamura dan Wilson (1966) dan Tamura dan Shaw (1976b).

⁴ Nilai yang diekstrapolasi dari rata-rata kerapatan lantai berdasarkan rentang kerapatan dari elemen konstruksi lain.

⁵ Nilai-nilai tersebut berdasarkan pengukuran Tamura dan Shaw (1978).

6.6 Rugi gesekan dalam saf

Rugi tekanan yang disebabkan oleh pergesekan aliran udara dalam sumur tangga adalah serupa dengan aliran udara dalam dakting. Data rugi gesek telah dikembangkan oleh Tamura dan Shaw (1976) untuk anak tangga terbuka dan tertutup dengan variasi tingkat kepadatan penghuni.

7 Pengujian

7.1 Pendahuluan

7.1.1 Tidak adanya persetujuan dalam konsensus mengenai prosedur pengujian dan kriteria serah terima pada masa lalu telah menimbulkan banyak masalah pada saat serah terima sistem, termasuk keterlambatan dalam memperoleh sertifikat penggunaan gedung.

Direkomendasikan agar pemilik gedung dan perancang gedung mempunyai kesamaan tujuan dan kriteria rancangan untuk pengendalian asap dengan instansi berwenang pada tahap perencanaan gedung. Kriteria rancangan sebaiknya memasukkan prosedur untuk pengujian serah terima.

Dokumen kontrak sebaiknya mencakup prosedur operasional dan pengujian serah terima

sehingga semua pihak - perancang, pelaksana, pemilik dan instansi berwenang, mempunyai pengertian yang jelas dalam hal tujuan sistem dan prosedur pengujian.

Sistem pengendalian asap yang dibicarakan dalam standar ini dirancang untuk membatasi perpindahan asap pada batas daerah pengendalian asap dengan menggunakan perbedaan tekanan. Sistem presurisasi sumur tangga digunakan untuk membatasi pergerakan asap dari daerah lantai ke dalam sumur tangga dan menyediakan lingkungan yang dapat dipertahankan selama penyelamatan. Untuk pengendalian asap terzona, perbedaan tekanan digunakan untuk menahan asap dalam zona asap dan membatasi perpindahan asap dan gas-gas kebakaran menuju bagian lain dari bangunan. Pengujian yang sesuai dengan tujuan sistem terdiri dari mengukur perbedaan tekanan antara zona asap dan zona berdekatan. Prosedur pengujian yang diberikan pada butir 7.3. didasarkan pada pengukuran perbedaan tekanan dan gaya membuka pintu pada kondisi rancangan yang disetujui pihak yang berwenang.

7.1.2 Bagian ini memuat rekomendasi untuk pengujian sistem pengendalian asap. Setup sistem sebaiknya diuji sesuai terhadap kriteria rancangan spesifik. Prosedur pengujian yang diuraikan dibagi dalam tiga kategori sebagai berikut:

- a) Pengujian komponen sistem
- b) Pengujian serah terima
- c) Pengujian berkala dan pemeliharaan

7.2 Pengujian operasional

7.2.1 Maksud dari pengujian operasional adalah menetapkan bahwa instalasi final memenuhi rancangan spesifik, dapat berfungsi dengan baik, dan siap untuk dilakukan pengujian serah terima. Pertanggungjawaban mengenai pengujian sebaiknya ditentukan dengan jelas sebelum pelaksanaan pengujian operasional.

7.2.2 Sebelum dilakukan pengujian, pihak yang bertanggungjawab mengenai pengujian tersebut sebaiknya memeriksa kelengkapan konstruksi bangunan, termasuk ciri-ciri penting arsitektur berikut:

- a) Integritas saf
- b) Penyetop api
- c) Pintu/ penutup
- d) Bahan kaca
- e) Partisi dan langit-langit

7.2.3 Pengujian operasional setiap komponen sistem individual sebaiknya dilakukan selama masa konstruksi. Pengujian operasional umumnya dilaksanakan oleh berbagai keahlian sebelum dilakukan interkoneksi untuk menyatukarr seluruh sistem pengendalian asap. Hal tersebut sebaiknya tersertifikasi dalam bentuk tertulis di mana tiap pemasangan komponen sistem individu telah lengkap dan komponen berfungsi dengan baik. Pengujian tiap komponen sebaiknya terdokumentasi secara tersendiri, meliputi unsur kecepatan, voltase, dan amper.

7.2.4 Karena sistem pengendalian asap biasanya merupakan bagian integral dari sistem operasi gedung, pengujian sebaiknya meliputi sub-sub sistem berikut untuk mengetahui

sejauh mana pengaruhnya terhadap pengoperasian sistem pengendalian asap:

- a) Sistem alarm kebakaran
- b) Sistem manajemen energi
- c) Sistem manajemen bangunan
- d) Peralatan ventiliasi dan pengkondisian udara
- e) Peralatan listrik
- f) Sistem pengendalian temperatur
- g) Pasokan daya
- h) Daya cadangan
- i) Sistem supresi api otomatis
- j) Sistem pengoperasian otomatis pintu dan penutup
- k) Sistem pengendalian asap terdedikasi
- l) Sistem pengendalian asap tak terdedikasi
- m) Pengoperasian lif darurat

7.3 Pengujian serah terima

7.3.1 Umum

Maksud pengujian serah terima adalah untuk memperlihatkan bahwa pemasangan instalasi sistem yang terintegrasi final telah sesuai dengan rancangan yang khusus serta berfungsi dengan baik. Satu atau lebih dari pihak berikut sebaiknya hadir pada saat serah terima:

- a) Instansi berwenang
- b) Pemilik
- c) Perancang

Seluruh dokumentasi dan pengujian operasional sebaiknya d edikan untuk pemeriksaan.

7.3.2 Peralatan pengujian

Peralatan untuk pengujian serah terima sebaiknya disediakan sebagai berikut:

- a) Instrumen terkalibrasi untuk membaca perbedaan tekanan perbedaan ukuran tekanan, manometer air terinklinsi atau manometer elektronik; rentang ketelitian 0~62,5 Pa (0~0,25 in w.g.) dan 0~25 Pa (0~0,50 in w.g.) dengan menggunakan panjang tabung 15,2 m (50 ft)
- h) Timbangan pegas
- c) Anemometer
- d) Sungkup pengukur aliran (pilihan)
- e) Pengganjal pintu
- f) Tanda yang menunjukkan bahwa pengujian sistem pengendalian asap sedang berlangsung dan pintu tidak boleh dibuka atau ditutup.
- g) Radio panggil untuk membantu koordinasi pengoperasian peralatan dan pencatatan data.

7.3.3* Prosedur pengujian

Pengujian serah terima sebaiknya mengikuti prosedur sebagaimana dijelaskan pada butir 7.3.3.1 sampai 7.3.3.6.

7.3.3.1 Sebelum dimulainya pelaksanaan pengujian serah terima, semua peralatan bangunan sebaiknya diletakkan pada moda pengoperasian normal, termasuk peralatan yang tidak digunakan dalam penerapan pengendalian asap, seperti pembuangan udara di toilet, ven saf lif, fan ruang mesin lif dan sistem sejenis.

7.3.3.2 Kecepatan angin, arah, dan temperatur udara luar sebaiknya dicatat selama pengujian berlangsung

7.3.3.3 Jika tersedia daya listrik cadangan untuk mengoperasikan sistem pengendalian asap, maka pengujian serah terima sebaiknya dilaksanakan dengan menggunakan kedua daya listrik yang ada baik daya listrik normal maupun daya listrik cadangan. Pemutusan daya listrik bangunan normal pada pemutus layanan utama untuk mensimulasi kondisi operasi yang sebenarnya dalam moda ini.

7.3.3.4 Pengujian serah terima sebaiknya termasuk di dalamnya memperagakan mengenai dihasilkannya *output* yang benar untuk *input* yang diberikan pada tiap urutan pengendalian yang dispesifikasikan. Urutan pengendalian berikut sebaiknya diberikan sehingga urutan pengendalian asap yang lengkap dapat diperagakan:

- a) Moda normal
- b) Moda pengendalian asap otomatis untuk alarm pertama
- c) Pengesampingan secara manual dalam moda pengendalian asap normal dan otomatis.
- d) Kembali ke normal

7.3.3.5 Pelaksanaan pengujian serah terima untuk sistem alarm kebakaran bisa dikaitkan dengan sistem pengendalian asap. Satu atau lebih sirkit alat pada sistem alarm kebakaran dapat mengawali sinyal input tunggal ke sistem pengendalian asap. Oleh karena itu, diperlukan pertimbangan untuk memastikan jumlah yang tepat dari alat pengawalan rangkaian rile yang dioperasikan untuk memperagakan operasi sistem pengendalian asap.

7.3.3.6 Banyak yang dapat diselesaikan untuk memperagakan operasi sistem pengendalian asap tanpa harus menggunakan asap atau produk yang mensimulasikan asap. Bilamana instansi berwenang mensyaratkan peragaan seperti itu, sebaiknya didasarkan pada tujuan untuk menghambat asap dan perpindahan melintasi batas zona asap menuju daerah lain. Kriteria pengujian berdasarkan pada kemampuan sistem untuk menghilangkan asap dari daerah yang tidak sesuai untuk sistem pengendalian asap terzona, karena sistem ini dirancang untuk menahan dan bukan menghilangkan asap.

7.3.4 Sistem presurisasi sumur tangga

Bagian diterapkan bilamana presurisasi sumur tangga merupakan satu-satunya sistem pengendalian asap dalam bangunan. Jika presurisasi sumur tangga digunakan dalam kombinasi dengan pengendalian asap terzona, maka rekomendasi pada butir 7.3 8. sebaiknya diterapkan.

7.3.4.1 Dengan seluruh sistem ventilasi dan pengkondisian udara bangunan dalam operasi normal, ukur dan catat perbedaan tekanan di kedua sisi pintu sumur tangga sementara pintu ditutup. Setelah mencatat perbedaan tekanan di Kedua sisi pintu, ukur gaya yang diperlukan untuk membuka setiap pintu, menggunakan timbangan pegas. Pastikan suatu prosedur yang konsisten untuk pencatatan data sampai seluruh pengujian, hingga sisi pintu yang menghadap sumur tangga akan selalu dipertimbangkan sebagai titik referensi [0 Pa (0 in w.g.)] dan sisi pintu yang menghadap lantai bangunan akan selalu mempunyai nilai perbedaan tekanan (positip bila lebih tinggi dari sumur tangga dan negatip bila kurang daripada sumur tangga). Karena sistem presurisasi sumur tangga diharapkan untuk menghasilkan tekanan positip di dalam sumur tangga, seluruh nilai tekanan negatip yang dicatat pada sisi pintu yang menghadap lantai bangunan menunjukkan aliran udara potensial dari sumur tangga menuju lantai bangunan.

7.3.4.2 Verifikasi aktivasi yang tepat pada sistem presurisasi sumur tangga sebagai respon terhadap semua cara aktivasi, baik manual maupun otomatis, sebagaimana ditetapkan dalam dokumen kontrak. Bilamana aktivasi otomatis dipersyaratkan dalam merespon sistem alarm kebakaran bangunan, maka tiap sinyal alarm yang terpisah sebaiknya diawali untuk memastikan aktivasi otomatis yang tepat.

7.3.4.3 Dengan sistem presurisasi sumur tangga diaktifkan, ukur dan catat perbedaan tekanan di kedua sisi pintu sumur tangga dengan semua pintu bagian dalam ditutup. Apabila pintu bagian luar akan secara normal dibuka selama evakuasi, sebaiknya di-buka pula pada saat pengujian Sistem ventilasi dan pengkondisian udara sebaiknya dimatikan kecuali kalau moda normal membiarkan sistem ventilasi dan pengkondisian udara hidup selama operasi pengendalian asap, gunakan prosedur yang sama sebagaimana ditetapkan pada butir 7.3.4.1 untuk mencatat data keseluruhan pengujian.

7.3.4.4 Setelah mencatat perbedaan tekanan yang di kedua sisi pintu tertutup, ukur dan catat gaya yang diperlukan untuk membuka setiap pintu sumur tangga, menggunakan timbangan pegas. Seluruh pintu sumur tangga lain sebaiknya ditutup dan sistem presurisasi sumur tangga sebaiknya diaktifkan.

7.3.4.5 Bila sistem presurisasi sumur tangga diaktifkan, buka sejumlah pintu yang digunakan pada rancangan sistem, dan ukur, serta catat beda tekanan yang di kedua sisi pintu yang masih tertutup. Setelah mencatat perbedaan tekanan yang di kedua sisi pintu tertutup, ukur gaya yang diperlukan untuk membuka setiap pintu dengan menggunakan timbangan pegas. Gunakan prosedur yang sama sebagaimana ditetapkan dalam butir 7.3.4.1 untuk mencatat data sampai keseluruhan pengujian. Peraturan bangunan setempat dan dokumen kontrak sebaiknya diikuti dengan mempertimbangkan jumlah dan lokasi semua pintu yang harus dibuka untuk pengujian ini.

7.3.4.6 Semua perbedaan tekanan dan gaya membuka pintu sebaiknya di dokumentasikan. Hasil dokumentasi sebaiknya memperlihatkan bahwa sistem berfungsi dengan baik. Sebaiknya tidak ada beda tekanan kurang dari beda tekanan rancangan minimum pada tabel 4.2.1 atau tekanan yang ditetapkan dalam dokumen perancangan. Gaya membuka pintu sebaiknya tidak melebihi dari yang diizinkan oleh peraturan bangunan. Adanya bagian

sistem yang tidak bekerja dengan baik sebaiknya diperbaiki dan diuji kembali.

7.3.4.7 Penekanan ruang antara sumur tangga sebaiknya diperlakukan sebagai suatu zona dalam sistem pengendalian asap terzona.

7.3.5 Sistem pengendalian asap terzona

7.3.5.1 Verifikasi lokasi yang tepat dari tiap zona pengendalian asap dan bukaan pintu dalam perimetri tiap zona. Apabila perencanaan tidak secara khusus mengidentifikasi zona dan pintu-pintu tersebut, sistem alarm kebakaran di zona itu mungkin harus diaktivasi sehingga setiap pintu yang secara magnetik dipertahankan terbuka akan tertutup dan mengidentifikasi batas zona.

7.3.5.2 Ukur dan catat perbedaan tekanan di kedua sisi dari seluruh zona pengendalian asap yang membagi lantai bangunan. Pengukuran sebaiknya dilakukan saat sistem ventilasi dan pengkondisian udara yang melayani lantai zona asap beroperasi dalam mode normal (bukan pengendalian asap) dan saat semua pintu penahan asap yang memisahkan zona lantai ditutup. Satu pengukuran sebaiknya dibuat di kedua sisi setiap pintu penghalang asap atau susunan pintu, dan data sebaiknya dengan jelas menunjukkan tekanan tertinggi dan terendah sisi pintu.

7.3.5.3 Verifikasi aktivasi yang tepat pada tiap sistem pengendalian asap terzona dalam merespon seluruh cara mengaktivasi, baik otomatis maupun manual, sebagaimana ditetapkan pada dokumen kontrak. Bilamana aktivasi otomatis dipersyaratkan dalam merespon penerimaan sinyal alarm dari sistem alarm kebakaran bangunan, tiap sinyal alarm terpisah sebaiknya mengawali untuk memastikan bahwa aktivasi otomatis yang sesuai pada sistem pengendalian asap terzona yang tepat terjadi. Verifikasi dan catat operasi yang tepat pada semua fan, damper dan peralatan terkait sebagaimana digariskan oleh skedul yang mengacu pada butir 5.4.5.4. untuk setiap sistem pengendalian asap terzona terpisah.

7.3.5.4 Simulasikan input alarm kebakaran untuk mengaktifkan semua sistem pengendalian asap terzona yang sesuai untuk tiap zona pengendalian asap terpisah. Ukur dan catat perbedaan tekanan yang di kedua sisi semua penghalang asap yang memisahkan zona asap dari zona yang bersebelahan. Pengukuran sebaiknya dibuat saat semua pintu penghalang asap yang memisahkan zona asap dari zona lain sepenuhnya tertutup. Satu pengukuran sebaiknya dibuat di kedua sisi tiap penahan asap atau susunan pintu, dan datanya sebaiknya secara jelas menunjukkan tekanan yang lebih tinggi atau lebih rendah dari sisi pintu atau penghalang. Pintu-pintu yang mempunyai kecenderungan membuka sedikit karena perbedaan tekanan sebaiknya mempunyai satu pengukuran tekanan yang dibuat saat dipertahankan tertutup dan lainnya dibuat saat tidak dipertahankan tertutup.

7.3.5.5 Lanjutkan untuk mensimulasikan input alarm kebakaran dengan mengaktifkan sistem pengendalian asap terzona untuk semua zona sesuai ukurannya dan lakukan pengukuran perbedaan tekanan seperti dijelaskan pada butir 7.3.5.4. Pastikan bahwa setelah pengujian zona asap dari sistem pengendalian asap, sistem dideaktifkan dengan baik dan sistem ventilasi dan pengkondisian udara yang terlibat dikembalikan ke moda operasi normalnya sebelum mengaktifkan sistem pengendalian asap zona lainnya. Juga pastikan bahwa semua kontrol yang diperlukan untuk mencegah perbedaan tekanan yang berlebihan berfungsi

sedemikian sehingga mencegah kerusakan pada dakting dan peralatan bangunan yang terkait.

7.3.5.6 Seluruh perbedaan tekanan dan gaya pada waktu membuka pintu sebaiknya di dokumentasikan. Hasil dokumentasi memperlihatkan bahwa system berfungsi baik. Sebaiknya tidak ada perbedaan tekanan kurang dari perbedaan tekanan rancangan. Gaya pada waktu membuka pintu sebaiknya tidak melebihi yang diizinkan oleh peraturan bangunan. Setiap bagian system yang tidak bekerja dengan baik sebaiknya diperbaiki dan diuji ulang.

7.3.6 Sistem pengendalian asap di lif

7.3.6.1 Sistem presurisasi ruang luncur lif

Bagian ini berlaku bilamana presurisasi ruang luncur lif merupakan satu-satunya system pengendalian asap pada bangunan. Bilamana presurisasi ruang luncur lif digunakan dalam kombinasi dengan pengendalian asap terzona, rekomendasi pada butir 7.3.8 sebaiknya diterapkan.

7.3.6.1.1 Verifikasi aktivasi yang tepat pada system presurisasi lif dalam merespon seluruh cara aktivasi, baik otomatis maupun manual, seperti ditetapkan dalam dokumen kontrak. Bilamana aktivasi otomatis yang dipersyaratkan dalam merespon sinyal alarm yang diterima dari system alarm kebakaran bangunan, tiap sinyal alarm terpisah sebaiknya mengawali untuk memastikan bahwa terjadi aktivasi otomatis yang tepat.

7.3.6.1.2 Dengan system presurisasi lif diaktifkan, ukur dan catat perbedaan tekanan yang di kedua sisi setiap pintu lif dengan seluruh p[intu lif tertutup. Bila pintu lif pada lantai panggilan kembali secara normalnya dibuka selama presurisasi system, maka pintu lif tersebut sebaiknya dimatikan kecuali jika moda normal membiarkan system ventilasi dan pengkondisian udara bekerja selama operasi pengendalian asap.

7.3.6.1.3 Tetapkan suatu prosedur yang konsisten untuk pencatat data sampai pengujian keseluruhan, supaya sisi pintu yang menghadap saf selalu dipertimbangkan sebagai titik referensi [0 Pa(0 in w.g)] dan sisi pintu yang menghadap lantai bangunan selalu mempunyai nilai beda tekanan (positip jika lebih tinggi dari sisi saf dan negatip jika kurang dari sisi saf).

7.3.6.1.4 Oleh karena system presurisasi sumur lif dimaksudkan untuk menghasilkan tekanan positip dalam ruang luncur lif, semua nilai tekanan negatip yang tercatat pada sisi pintu yang menghadap lantai bangunan menunjukkan aliran udara potensial dari saf ke lantai bangunan.

7.3.6.1.5 Bila system presurisasi lif telah dirancang untuk beroperasi selama pergerakan lif, pengujian sebaiknya diulang pada kondisi seperti ini.

7.3.6.2 Sistem presurisasi lobi lif

Sistem ini berlaku bilamana presurisasi lobi lif tertutup merupakan satu-satunya system pengendalian asap pada bangunan. Bilamana presurisasi lobi lif digunakan dalam kombinasi dengan pengendalian asap terzona, rekomendasi pada butir 7.3.8 sebaiknya diterapkan.

7.3.6.2.1 Lobi lif tertutup dipresurisasi oleh system presurisasi lobi lif, atau bila lobi lif tertutup menerima presurisasi sekunder dari ruang luncur lif, sebaiknya diperlakukan sebagai zona dalam system pengendalian asap terzona. Secara umum pengujian pada butir 7.3.5

sebaiknya dijalankan.

7.3.6.2.2 Dengan mengaktifasi system presurisasi lobi lif, ukur gaya yang diperlukan untuk membuka tiap pintu lobi dengan menggunakan timbangan pegas.

7.3.6.3 Hasil pengujian

Seluruh perbedaan tekanan dan gaya pada waktu membuka pintu lobi lif sebaiknya didokumentasikan. Hasil tersebut sebaiknya memperlihatkan bahwa sistem berfungsi dengan baik. Perbedaan tekanan sebaiknya kurang dari beda tekanan rancangan minimum pada Tabel 4.2.1 atau tekanan yang ditetapkan pada dokumen rancangan. Gaya membuka pintu lobi lif sebaiknya tidak melebihi yang diizinkan oleh peraturan bangunan. Apabila ada bagian sistem tidak bekerja dengan baik sebaiknya diperbaiki dan diuji kembali.

7.3.7. Daerah tempat berlindung

Daerah tempat berlindung sebaiknya diperlakukan sebagai suatu zona pada sistem pengendalian asap terzona. Pengujian sesuai pada butir 7.3.5. sebaiknya dilaksanakan.

7.3.8 Sistem pengendalian asap kombinasi

7.3.8.1* Sumur tangga dan sistem pengendalian asap terzona

Sistem presurisasi sumur tangga sebaiknya dipertimbangkan sebagai satu zona pada sistem pengendalian asap terzona. Pengujian sesuai pada butir 7.3.5. sebaiknya dijalankan. Sebagai tambahan, pengujian sesuai pada butir 7.3.4.3. sampai butir 7.3.4.5. sebaiknya dijalankan. Semua pengujian dijalankan dengan kedua sistem beroperasi dalam merespon input alarm kebakaran yang di simulasikan.

7.3.8.2 Daerah tempat berlindung dan sistem pengendalian asap terzona

Daerah tempat berlindung sebaiknya diperlakukan sebagai suatu zona terpisahkan dalam sistem pengendalian asap terzona. Pengujian yang digariskan pada butir 7.3.5. sebaiknya dilaksanakan.

7.3.8.3 Presurisasi di lif dan sistem pengendalian asap terzona

Sistem presurisasi di lif dipertimbangkan sebagai satu zona dalam sistem pengendalian asap terzona. Tiap lobi lif pada sistem presurisasi lobi lif tertutup dipertimbangkan sebagai satu zona dalam sistem pengendalian asap terzona. Pengujian sesuai butir 7.3.5. perlu dilaksanakan. Sebagai tambahan, pengujian sesuai butir 7.3.6.1., 7.3.6.2., atau keduanya perlu dilaksanakan

7.3.9 Dokumentasi pengujian

Pada penyelesaian pengujian serah terima, salinan dari semua dokumentasi pengujian operasional sebaiknya disediakan untuk pemilik gedung. Dokumen ini tersedia sebagai acuan untuk pengujian berkala dan pemeliharaan.

7.3.10 Manual untuk pemilik dan instruksi

Informasi sebaiknya tersedia untuk pemilik yang menjelaskan pengoperasian dan pemeliharaan sistem instruksi dasar pengoperasian sebaiknya disediakan untuk perwakilan pemilik. Oleh karena pemilik dapat mengambil manfaat dari penggunaan sistem pengendalian asap pada penyelesaian pengujian serah terima, instruksi dasar ni sebaiknya

dilengkapi sebelum pelaksanaan pengujian serah terima.

7.3.11 Penghunian parsial

Pengujian serah terima perlu dilakukan sebagai langkah awal untuk memperoleh sertifikat penghunian. Namun, apabila bangunan dihuni secara bertahap, beberapa pengujian serah terima dapat dilaksanakan dalam upaya memperoleh sertifikat penghunian sementara.

7.3.12 Modifikasi

Seluruh pengujian operasional dan pengujian serah terima perlu dilakukan pada bagian-bagian sistem yang dapat dilaksanakan bilamana sistem diubah atau dimodifikasi. Dokumentasi perlu diperbaharui untuk menggambarkan perubahan atau modifikasi ini.

7.4 Pengujian berkala

7.4.1 Selama usia pakai bangunan, pemeliharaan merupakan hal mendasar untuk menjamin bahwa sistem pengendalian asap akan menunjukkan fungsinya sesuai kondisi yang diinginkan. Pemeliharaan sistem yang tepat, sebaiknya minimal meliputi pengujian berkala terhadap semua peralatan termasuk alat untuk me gawali, fan, damper, alat pengendali, pintu dan jendela. Peralatan tersebut perlu dipelihara sesuai dengan rekomendasi pabrik pembuatnya.

7.4.2 Bagian ini menguraikan pengujian yang perlu dilakukan secara berkala untuk menentukan bahwa sistem terpasang menerus beroperasi sesuai dengan rancangan yang disetujui. Apabila sistem pengendalian asap atau, batas zona telah dimodifikasi sejak pengujian terakhir sebelumnya, pengujian serah terima sebaiknya dilaksanakan pada bagian yang di modifikasi.

7.4.3 Sistem perlu diuji sesuai dengan skedul berikut oleh seseorang yang benar-benar ahli dalam pengoperasian, pengujian, dan pemeliharaan sistem pengendalian asap. Hasil pengujian perlu didokumentasikan dalam buku catatan tentang pengoperasian dan pemeliharaan disediakan untuk pemeriksaan. Adanya bagian sistem yang tidak berfungsi sesuai dengan rancangan awal perlu diperbaiki segera dan sistem diuji kembali.

7.4.3.1 Sistem terdedikasi, sekurang-kurangnya Setengah Tahunan. Operasikan sistem pengendalian asap untuk tiap urutan pengendalian sesuai kriteria rancangan terbaru dan amati pengoperasian dengan *output* yang benar untuk tiap *input* yang diberikan. Pengujian juga sebaiknya dilaksanakan dibawah daya listrik cadangan.

7.4.3.2 Sistem tak terdedikasi, sekurang-kurangnya Tahunan. Operasikan sistem pengendalian asap untuk tiap urutan pengendalian sesuai kriteria rancangan terbaru dan amati pengoperasian dengan *output* yang benar untuk tiap *input* yang diberikan. Pengujian juga sebaiknya dilaksanakan dibawah daya listrik cadangan.

7.4.4 Susunan tertentu mungkin perlu dibuat untuk memasukkan/ mengalirkan sejumlah besar udara luar kedalam area hunian atau pusat komputer bila mana kondisi temperatur luar dan kondisi kelembaban ekstrim. Oleh karena sistem pengendalian asap mengabaikan kontrol batas seperti, pengujian sebaiknya dilaksanakan saat kondisi udara luar tidak akan menyebabkan kerusakan pada peralatan dan sistem.

Apendiks A

Bahan penjelasan

Apendiks A bukan bagian yang dipersyaratkan dari standar tetapi dimasukkan untuk tujuan informasi saja. Apendiks berisi bahan penjelasan, nomor butir yang ditunjukkan berhubungan dengan penerapan teks paragraf.

A.3.3.1 Disetujui

Badan Standardisasi Nasional (BSN) bukan instansi yang menyetujui, memeriksa, atau memberikan sertifikat pada setiap instalasi, prosedur, peralatan atau bahan. Dalam menentukan persetujuan instalasi, prosedur, peralatan atau bahan, instansi yang berwenang menggunakan dasar standar ini atau standar lain yang setara bila dalam standar ini tidak tersebut.

A.3.3.3 Instansi yang berwenang

Penyebutan "instansi yang berwenang" digunakan pada dokumen dalam pengertian yang luas, karena kewenangan dan instansi yang memberi persetujuan beragam, demikian pula pertanggung jawabannya

Bila keamanan publik diutamakan, maka instansi berwenang dapat saja pemerintah pusat, pemerintah daerah, dinas kebakaran setempat, atau pihak lainnya yang secara hukum berwenang.

A.3.3.4 Perbedaan tekanan rancangan

Ruangan yang diproteksi termasuk zona tanpa asap dalam sistem pengendalian asap terzona, sumur tangga dalam sistem sumur tangga yang dipresurisasi, daerah tempat berlindung, dan saf lif dalam sistem ruang luncur lif.

A.3.3.6 Pos Pengendalian Asap untuk Petugas Pemadam Kebakaran (PPAPPK)

A.3.3.11 Penghalang asap

Penghalang asap mungkin mempunyai atau mungkin juga tidak mempunyai tingkat ketahanan api. Penghalang seperti ini mungkin mempunyai bukaan yang terproteksi.

A.3.3.15 Sistem pembuangan asap

Penjagaan dari lingkungan yang masih dapat dipertahankan dalam zona asap tidak termasuk kemampuan sistem ini.

A.3.4.3 Aliran udara dapat digunakan untuk membatasi perpindahan asap bila pintu penghalang asap membuka. Kecepatan rancangan melalui pintu terbuka sebaiknya cukup untuk membatasi aliran balik asap selama evakuasi bangunan. Aliran udara sebaiknya dipertimbangkan sebagai variabel yang sama seperti yang digunakan untuk pemilihan perbedaan tekanan rancangan.

Meskipun aliran udara dapat digunakan untuk menghalangi gerakan asap yang melalui suatu

ruang, laju aliran yang dibutuhkan untuk mencegah aliran balik asap yang demikian besarnya sehingga ada kekhawatiran tentang jumlah udara untuk pembakaran yang dipasok ke api.

Apabila aliran udara digunakan untuk mengelola gerakan asap, aliran udara melalui bukaan ke dalam zona asap harus berkecepatan cukup untuk mencegah asap meninggalkan zona melalui bukaan seperti ini. Kecepatan udara yang diperlukan untuk menghalangi pergerakan asap melalui bukaan yang besar menghasilkan sejumlah udara yang cukup untuk mendukung pertumbuhan api sampai kurang lebih 10 kali besar pertumbuhan api tanpa tambahan aliran udara ini.

A.3.5.3 Sumber data ASHRAE *"Handbook of Fundamentals. Chapter 26. Climatic Design information"* Sumber ini menganjurkan 99,6% temperatur pemanasan bola kering (DB) dan 0,4% temperatur pendinginan bola kering (DB) dipakai untuk menunjukkan kondisi rancangan pada cuaca dingin dan panas. Sumber ini juga menganjurkan bahwa 1% kecepatan angin yang ekstrim digunakan sebagai kondisi rancangan. Bila ada, data lokasi tertentu sebaiknya dikonsultasikan.

A.3.6 Sasaran kinerja dan springkler otomatis yang dipasang sesuai dengan SNI 03-3989-2000 tentang "Tata cara perencanaan dan pemasangan sistem springkler otomatis untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan gedung", adalah untuk mengadakan pengendalian asap, yang dinyatakan sebagai berikut : membatasi ukuran kebakaran dengan mendistribusikan air sehingga mengurangi laju pelepasan kalor dan pembasahan awal dari bahan mudah terbakar yang berdekatan, sambil mengendalikan temperatur gas pada langit-langit untuk mencegah kerusakan bangunan. Sejumlah penelitian terbatas telah dilakukan dengan uji kebakaran berskala penuh yang dilaksanakan di mana sistem springkler yang diuji mempunyai tingkat kinerja sesuai yang dipersyaratkan.

Penelitian ini menunjukkan bahwa untuk suatu situasi pengendalian kebakaran laju pelepasan kalornya terbatas tetapi asap dapat terus dihasilkan. Bagaimanapun juga temperatur asap berkurang dan perbedaan tekanan tersedia dalam dokumen untuk sistem pengendalian asap ini pada bangunan yang terspringkler penuh adalah konservatif. Sebagai tambahan dengan berkurangnya temperatur asap, persyaratan temperatur untuk komponen pengendalian asap yang berkaitan dengan gas buang dapat dibatasi.

A.4.2.1 Sistem pengendalian asap dirancang untuk mempertahankan perbedaan tekanan yang kemungkinan besar disebabkan kondisi angin atau efek cerobong asap. Perbedaan tekanan rancangan minimum pada tabel 4.2.1 untuk ruangan tanpa springkler tidak akan dapat mengatasi gaya apung dari gas panas.

Metoda yang digunakan untuk memperoleh nilai pada tabel 4.2.1 untuk ruangan tanpa springkler sebagai berikut:

Perbedaan tekanan karena gaya apung dari gas panas dihitung dengan persamaan berikut

$$\Delta P = 7,64 \times \left[\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_F} \right] \times h$$

dimana

- ΔP = perbedaan tekanan karena gaya apung dari gas panas (inci.w.g).
 T_0 = temperatur absolut sekitarnya ($^{\circ}R$).
 T_F = temperatur absolut dari gas panas ($^{\circ}R$).
 h = jarak di atas bidang netral (ft).

$$\Delta P = 3460 \times \left[\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_F} \right] \times h$$

Dimana:

- ΔP = perbedaan tekanan karena gaya apung dari gas panas (Pa).
 T_0 = temperatur absolut sekitarnya (K).
 T_F = temperatur absolut dari gas panas (K).
 h = jarak di atas bidang netral (m).

Bidang netral adalah bidang horisontal antara ruang yang terbakar dan ruang sekitarnya dimana perbedaan tekanan antara ruang yang terbakar dan ruang sekitarnya sama dengan nol.

Untuk tabel 4.2.1, h dipilih secara konservatif pada $\frac{2}{3}$ tinggi lantai ke langit-langit, temperatur sekitarnya dipilih $20^{\circ}C$ ($70^{\circ}F$), temperatur gas panas dipilih $927^{\circ}C$ ($1700^{\circ}F$), dan faktor keamanan 7,5 Pa (0,03 inci.w.g) digunakan.

Untuk contoh, menghitung perbedaan tekanan rancangan untuk ketinggian langit-langit 12 ft, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_0 &= 70 + 460 = 530^{\circ}R. \\ T_F &= 1700 + 460 = 2160^{\circ}R. \\ h &= (12) \times (\frac{2}{3}) = 8ft. \end{aligned}$$

Dari persamaan di atas, $\Delta P = 0,087$ in.wg.

Penambahan faktor keamanan dan pembulatangannya, perbedaan tekanan rancangan minimum diambil 0,12 in.wg.

A.4.2.2 Gaya pada pintu dalam sistem pengendalian asap ditunjukkan dalam gambar A.4.2.2. Gaya yang dibutuhkan untuk membuka pintu dalam sistem pengendalian asap adalah:

$$F = F_r + \frac{5,2 \times (W \cdot A) \times \Delta P}{2 \times (W - d)}$$

dimana

F = gaya membuka pintu total (lb).

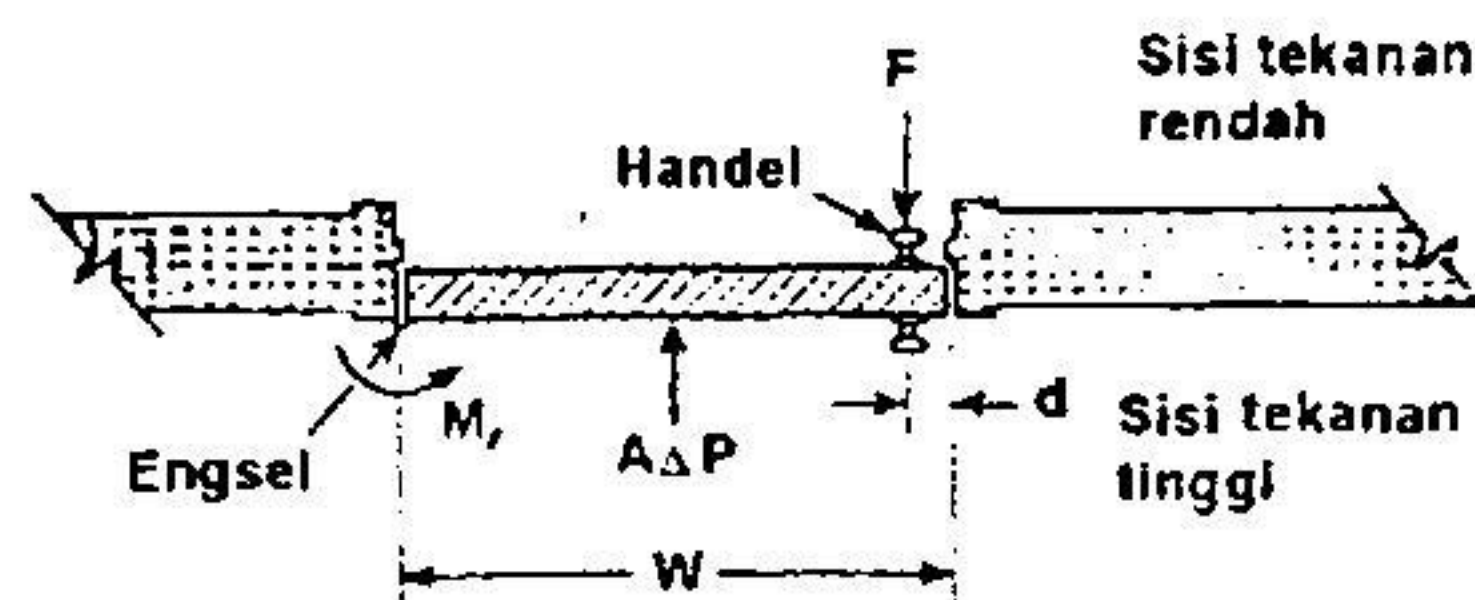
F_r = gaya untuk mengatasi alat penutup pintu dan gesekan-gesekan lain (lb).

W = lebar pintu (ft).

A = luas pintu (ft²).

ΔP = perbedaan tekanan dengan kedua sisi pintu (in.wg).

d = jarak dari handel pintu ke sisi handel dari pintu (ft).



Gambar A.4 2.2 Gaya-gaya pada pintu dalam suatu pengendalian asap

A.4.3.7 Selama waktu penghuni ke luar dari daerah zona asap, kondisi zona asap masih dapat dipertahankan. Meskipun bukaan pintu sumur tangga pada lantai yang terbakar selama waktu ini mungkin melepas asap ke dalam sumur tangga, hal tersebut tidak akan menciptakan kondisi tak dapat dipertahankan disana.

Suatu kondisi dalam daerah zona asap menjadi tidak dapat dipertahankan; kemungkinan besar karena pintu ke lantai akan di buka oleh penghuni dari lantai tersebut.

Dengan alasan ini perancangan untuk pintu sumur tangga terbuka pada lantai yang terbakar secara normal tidak diperlukan.

Pintu yang ditahan terbuka merupakan pelanggaran standar dan akan dapat melampaui kemampuan sistem.

Penting pintu sumur tangga bagian luar dijelaskan dengan pertimbangan konservatif massa dari udara presurisasi datangnya udara dari luar dan pada akhirnya harus mengalir kembali ke luar. Untuk pintu bagian dalam yang terbuka, sisa bangunan pada lantai itu bertindak sebagai tahanan aliran untuk pengaliran udara ke luar jalur pintu yang terbuka.

Apabila pintu bagian luar terbuka, maka tahanan aliran lainnya tidak ada, dan aliran dapat menjadi 10 sampai 30 kali lebih besar dari pada yang melalui pintu bagian dalam terbuka.

A.4.4.1.e) Ketentuan yang berlaku, mempersyaratkan bahwa pintu lif terbuka dan tetap terbuka setelah lif di panggil uang. Ini menghasilkan bukaan yang besar ke dalam ruang luncur lif, dimana dapat lebih menaikkan aliran udara yang dibutuhkan untuk presurisasi.

Ketentuan yang berlaku mengijinkan pintu lif menutup setelah waktunya ditentukan sebelumnya, bila dipersyaratkan oleh instansi berwenang. Persyaratan setempat pada pengoperasian pintu lif sebaiknya ditentukan dan dimasukkan ke dalam rancangan sistem.

A.4.4.3 Acuan berikut mendiskusikan penelitian yang berhubungan dengan penggunaan lif selama situasi kebakaran: Klote and Braun (1996); Klote (1995); Klote, Levin, and Groner (1995); Klote, Levin, and Groner (1994); Klote (1993); Klote, Deal, Donoghue, Levin, and Groner (1992); dan Klote, Alvord, Levin and Groner (1992).

A.4.5.2.3 Pedoman perancangan pada temperatur pengenceran dapat dibaca pada buku "ASHRAE/SFPE, *Design of Smoke Management System*".

A.4.6 Metoda perancangan untuk daerah tempat berlindung dapat dibaca pada kertas kerja ASHRAE, *Design of Smoke Control System for Area of Refuge* (Klote 1993).

A.5.4.2.2 Sistem kontrol sebaiknya dirancang sesederhana mungkin untuk mencapai fungsi yang dipersyaratkan. Kontrol yang kompleks, jika tidak dirancang dan au]; dengan benar akan memiliki tingkat kehandalan yang rendah dan akan menyuiitkan dalam pemeliharaan.

A.5.4.3.2 Kontrol untuk tujuan pengendalian bukan asap

Kontrol manual yang khusus untuk kegunaan pengendalian bangunan lain. seperti saklar otomatis yang diletakkan pada termostat, tidak diperhitungkan sebagai kontrol manual dalam hal pengendalian asap. Aktivasi dan deaktivasi manual untuk maksud pengendalian asap sebaiknya mengabaikan kontrol manual untuk tujuan-tujuan lain.

Titik Panggil Manual.

Pada umumnya, sistem presurisasi sumur tangga dapat diaktifkan dari titik panggil manual, asalkan memberikan respon umum untuk semua zona. Sistem lain yang merespon secara identik untuk semua zona alarm dapat juga diaktifkan dari titik panggil manual. Sebuah sistem presurisasi sumur tangga pelacakan-aktif (*active-tracking*) yang memberikan pengendalian berdasarkan pengukuran tekanan pada lantai kebakaran tidak perlu diaktifkan dari titik panggil manual.

A.5.4.3.3 Aktivasi sistem pengendalian asap sebaiknya terjadi segera setelah menerima perintah aktivasi. Untuk mencegah kerusakan pada peralatan, mungkin perlu untuk menunda aktivasi peralatan tertentu hingga peralatan lain telah mencapai pada suatu kondisi yang telah ditentukan sebelumnya (misal fan dengan start tunda sampai damper terkait terbuka sebagian atau penuh). Waktu yang diberikan untuk komponen untuk mencapai kondisi yang diinginkan diukur dari waktu tiap komponen diaktifkan.

A.5.4.3.4 Contoh Pos Pengendalian Asap untuk Petugas Pemadam Kebakaran (PPAPPK).

Pos pengendalian asap untuk petugas pemadam kebakaran perlu mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

- a) *Lokasi dan jalan masuk.* PPA°PK sebaiknya ditempatkan berdekatan dengan sistem yang digunakan oleh petugas pemadam kebakaran lainnya yang disediakan di dalam bangunan. Sarana sebaiknya disediakan untuk memastikan hanya petugas berwenang boleh masuk ke PPAPPK. Apabila instansi berwenang dapat menerima, maka PPAPPK sebaiknya berada dalam tempat atau ruangan khusus, dipisahkan dari daerah umum dengan diberi tanda yang sesuai dan pintu terkunci. Jika PPAPPK diletakkan dalam ruangan terpisah, penempatan ruangan, ukuran, cara jalan masuk

dan pertimbangan rancangan fisik lain sebaiknya dapat diterima oleh instansi berwenang.

b) *Susunan Fisik*. PPAPPK sebaiknya dirancang untuk bisa menggambarkan secara grafik susunan fisik bangunan, sistem pengendalian asap dan peralatan, serta daerah bangunan yang dilayani oleh peralatan. Berikut ini adalah rangkuman indikator status dan kemampuan pengendalian asap yang dapat terhadap grafik pengendalian asap PPAPPK. Jika PPAPPK diletakkan dalam ruangan terpisah, penempatan ruangan, ukuran, cara jalan masuk dan pertimbangan rancangan fisik lain sebaiknya disediakan untuk semua peralatan pengendalian asap dengan indikator jenis lampu pilot sebagai berikut:

- 1) Fan pengendalian asap dan peralatan pengoperasian kritis lain pada keadaan pengoperasian: hijau.
- 2) Peralatan pengendalian asap dan peralatan kritis lain yang mungkin mempunyai dua atau lebih pernyataan atau posisi, seperti damper: hijau (misal: buka), kuning (misal: tertutup) posisi dan setiap peralatan perlu diindikasikan dengan lampu dan rambu yang cocok. Posisi tengah-tengah (misal: damper modulasi yang tidak terbuka atau tertutup sepenuhnya) dapat ditunjukkan tidak dengan iluminasi pada lampu pilotnya.
- 3) Kegagalan peralatan atau sistem pengendalian asap: amber.

Posisi dari saklar kontrol posisi jamak sebaiknya tidak digunakan untuk menunjukkan status dari alat yang dikontrol sebagai pengganti indikator status jenis lampu pilot seperti diuraikan pada butir A.5.4.3.4. b) 1) sampai 3).

Ketentuan sebaiknya termasuk untuk pengujian lampu pilot pada panel kontrol asap PPAPPK dengan menggunakan satu atau lebih uji lampu dengan cara menekan tombol tekan sesaat atau cara lain yang dapat mengembalikan ke posisi semula.

c) *Kemampuan Pengendalian Asap*. PPAPPK sebaiknya memiliki kemampuan pengendalian untuk seluruh peralatan atau zona sistem pengendalian asap dalam bangunan.

Untuk lebih praktisnya, direkomendasikan penyediaan kontrol oleh zona, daripada oleh peralatan individu. Pendekatan ini akan membantu petugas pemadam kebakaran dalam memahami dengan mudah pengoperasian sistem dan akan menolong untuk menghindari masalah yang disebabkan oleh pengaktifan peralatan secara manual dalam urutan yang salah atau oleh pengabaian kontrol komponen kritis, Kontrol oleh zona sebaiknya dikerjakan sebagai berikut:

Kontrol *PRESSURE-AUTO-EXHAUST* terhadap setiap zona yang dapat dikontrol sebagai bentuk tunggal yang mengandalkan sistem pemrograman pada urutan yang tepat seluruh peralatan dalam zona yang menghasilkan efek yang diinginkan. Dalam sistem yang menggunakan dakting pasok atau balik bersama, atau keduanya, termasuk pada moda ISOLASI adalah diinginkan. Untuk memungkinkan penggunaan sistem menggelontor asap

keluar dari zona setelah api dipadamkan, moda PEMBILASAN (pasok dan pembuangan yang sama) mungkin juga diinginkan.

Apabila kontrol terhadap masing-masing peralatan individu diperlukan pilihan kontrol berikut ini perlu disediakan:

- 1) Kontrol *ON-AUTO-OFF* terhadap setiap jenis peralatan pengendalian asap yang beroperasi bisa dikendalikan dari sumber lain dalam bangunan. Komporien terkontrol meliputi seluruh fan presurisasi sumur tangga; fan pembuangan asap; fan pengkondisian udara dan ventilasi udara pasok, balik, dan buangan yang melebihi 57 m³/menit (2000 ft³/menit); fan saf lif; fan pasok dan buang untuk atrium; dan setiap peralatan pengoperasian lain yang digunakan atau ditujukan untuk pengendalian asap.
- 2) Kontrol *ON-OFF* atau *OPEN-CLOSE* terhadap seluruh peralatan pengendalian asap dan peralatan penting lain yang berkaitan dengan darurat kebakaran atau asap dan yang hanya dikendalikan dari PPAPPK.
- 3) Kontrol *OPEN-AUTO-CLOSE* terhadap seluruh damper individu yang berhubungan dengan pengendalian asap yang juga dikontrol dan sumber lain didalam bangunan.
- 4) Unit terminal ventilasi dan pengkondisian udara, seperti kotak pencampur VAV yang semua diletakkan di dalam dan melayani satu zona pengendalian asap yang dirancang, yang dapat dikontrol secara kolektif sebagai pengganti secara individu. *Face bypass damper* dari unit koil alat ventilasi dan pengkondisian udara disusun sedemikian rupa sehingga tidak menghalangi aliran udara keseluruhan di dalam sistem.

Kontrol tambahan mungkin dipersyaratkan oleh instansi berwenang.

d) Tindakan dan Prioritas Kontrol

Tindakan control PPAPPK perlu dilakukan:

- 1) *ON-OFF, OPEN-CLOSE*. Tindakan kontrol ini ,perlu mempunyai prioritas yang tertinggi dari setiap titik Kontrol di dalam bangunan. Sekali sinyal dikeluarkan dari PPAPPK, sebaiknya tidak ada pengendalian otomatis atau manual dari titik pengendalian lain yang ada di dalam bangunan berkontradiksi dengan aksi pengendalian PPAPPK.
Jika sarana otomatis disediakan mengganggu pengoperasian normal peralatan non darurat atau menghasilkan basil khusus untuk perlindungan bangunan atau peralatan (misal: detektor asap dakting, alat pemutus arus temperatur tinggi, sambungan yang diaktuator temperatur, dan alat sejenis), sarana-sarana seperti itu sebaiknya mampu dikesampingkan atau diset ulang ke level yang tidak melebihi level yang mempengaruhi kegagalan sistem, oleh tindakan kontrol PPAPPK, dan tindakan kontrol terakhir sebagaimana ditunjukkan oleh tiap posisi saklar PPAPPK.
Tindakan kontrol dikeluarkan dari PPAPPK sebaiknya tidak mengabaikan atau mem-bypass alat dan kontrol yang ditujukan untuk melindungi aeban ie' iil list'ik, rnenyediakan untuk keamanan petugas, dan mencegah kerusakan sebagian besar sistem. Alat ini termasuk alat proteksi arus lebih dan saklar pemutus listrik, saklar tekanan statis batas tinggi, dan kombinasi damper api asap melebihi penurunan temperatur sesuai dengan klasifikasi standar yang berlaku.

- 2) *AUTO*. Hanya posisi *AUTO* pada tiap tiga posisi pengendali PPAPPK sebaiknya memungkinkan tindakan ☐ndicat otomatis atau manual dan titik pengendali lain dalam bangunan. Posisi *AUTO* sebaiknya posisi pengendali bangunan normal, tidak darurat. Apabila ☐ndicat PPAPPK dalam po.sjs *AUTO*. S to nyeta 3!at (*en*, off, open, closed) sebaiknya menerus ditunjukkan oleh ☐ndicator status.
- 3) *Waktu Tanggap PPAPPK*. Untuk tujuan pengendalian asap, waktu tanggap PPAPPK sebaiknya diawali tindakan pengendalian asap manual atau otomatis dari setiap titik pengendalian bangunan lain. (Lihat butir 5.4.3.3.). Penunjukan lampu pilot PPAPPK mengenai status sebenarnya, dari setiap peralatan sebaiknya tidak melebihi 15 detik setelah operasi slat umpan balik terkait.

e) Gambaran grafik

Lokasi sistem pengendalian asap dan peralatan dalam bangunan sebaiknya ditunjukkan dengan simbol dalam panel grafik PPAPPK keseluruhan. Bila pengendalian asap terzona digunakan, jumlah yang cukup dan komponen pengendalian asap untuk menyampaikan pengoperasian yang diharapkan dari sistem pengendalian asap dan peralatan perlu ditunjukkan. Komponen ini secara normal meliputi sebagian besar dakting, fan, dan damper yang merupakan bagian clan sistem pengendalian asap. Apabila kontrol yang disediakan terhadap fan dan damper individu yang digunakan untuk pengendalian asap. komponen-komponen ini perlu ditunjukkan pada panel grafik PPAPPK dan, bila sesuai, sebaiknya menunjukkan sambungan dakting yang terkait, dengan penunjukkan yang jelas dan arah aliran udara. Dalam setiap kasus lain, luas bangunan yang dilayani oleh sistem pengendalian asap sebaiknya ditunjukkan pada panel grafik PPAPPK.

Indikasi status untuk posisi damper perlu ditunjukkan apabila pencantuman akan membantu dalam pergerakan pengoperasian sistem dan dapat diabaikan bila pencantumannya akan mengganggu pemahaman sistem, seperti ^Pada panel yan^g telah p^aadat gambar rndikassi ^Posisi damper dapat juga dihilangkan bila tidak ada pengendalian terpisah terhadap posisi damper yang disediakan.

A.5.4.5.2 Kontrol manual yang khusus digunakan untuk tujuan kontrol bangunan lain, seperti saklar hand-off auto yang diletakkan pada suatu termostat, tidak diperhitungkan menjadi kontrol manual dalam kaitan pengendalian asap. Aktivasi dan deaktivasi manual untuk tujuan pengendalian asap perlu mengabaikan kontrol manual untuk tujuan lainnya.

A.5.4.5.4 Contoh fungsi-fungsi tambahan yang berguna tetapi tidak dipersyaratkan adalah pembukaan dan penutupan kotak-kotak terminal pada saat presurisasi atau pembuangan zona asap. Fungsi-fungsi ini diperhitungkan sebagai tambahan apabila status yang diinginkan bisa dicapai tanpa fungsi-fungsi ini. Fungsi ini dapat, barangkali, membantu untuk mencapai keadaan yang diinginkan lebih segera.

A.5.4.5.5 Selama kebakaran, cenderung bahwa asap cukup untuk mengaktivasi detektor asap mungkin berjalan menuju zona lain dan kemudian menyebabkan input alarm untuk zona lainnya. Sistem yang teraktivasi oleh detektor asap sebaiknya menerus untuk

beroperasi sesuai input alarm pertama yang diterima, daripada mengalihkan kontrol untuk menanggapi setiap input alarm berikutnya.

Sistem yang diawali oleh alat yang diaktifkan oleh panas, dan dirancang dengan kapasitas yang cukup untuk membuang banyak zona, dapat memperluas jumlah zona meliputi zona asal dan zona tambahan selanjutnya, sampai batas kemampuan mekanis sistem untuk mempertahankan perbedaan tekanan rancangan. Kelebihan kapasitas rancangan akan cenderung menghasilkan kegagalan sistem untuk membuang zona kebakaran secara memadai sedemikian untuk mencapai beda tekanan yang dikehendaki. Jika jumlah zona yang dapat dibuang sambil tetap masih mempertahankan tekanan rancangan yang tidak diketahui, jumlah ini sebaiknya dianggap menjadi satu zona.

A.5.4.6 Verifikasi alat termasuk sebagai berikut:

- a) Verifikasi ujung ke ujung pada perkabelan, peralatan, dan peralatan dengan cara yang termasuk ketentuan untuk konfirmasi positif dari aktivasi, pengujian berkala, dan operasi mengesampingkan secara manual.
- b) Adanya pengoperasian daya arch ke bawah dari seluruh pelepasan sirkuit.
- c) Konfirmasi positif pada aktivasi fan dengan cara penekanan dakting udara, aliran udara atau sensor ekivalen yang merespon terhadap kehilangan daya pengoperasian, permasalahan pada sirkuit perkabelan daya atau pengendalian, hambatan aliran udara, dan kegagalan pada sabuk, kopling saf. atau motor itu sendiri.
- d) Konfirmasi positif pada operasi damper oleh sensor kontak, kedekatan, atau ekivalen yang merespon pada hilangnya daya pengoperasian atau udara tekanan; masalah-masalah pada daya, sirkuit kontrol, atau jalur pneumatik dan kegagalan pada aktuator damper, sambungan, atau damper itu sendiri.
- e) Alat atau sarana lain yang sesuai kebutuhan.

Butir a) hingga e) menjelaskan banyak metoda yang dapat dipergunakan, baik salah satunya atau kombinasi, untuk memeriksa bahwa semua bagian kontrol dan peralatan beroperasi. Sebagai contoh, supervisi konvensional dapat digunakan untuk memeriksa integritas konduktor dari unit kontrol sistem alarm kebakaran sampai kontak rile dalam 3 ft (1 m) dari input sistem kontrol (lihat SNI) dan pemeriksaan ujung ke ujung dapat digunakan pada pemeriksaan operasi dari input sistem kontrol ke hasil akhir yang diinginkan. Apabila sistem yang berbeda digunakan untuk pemeriksaan bagian yang berbeda pada sirkuit kontrol, peralatan yang dikontrol, atau keduanya, maka tiap sistem akan menjadi berfungsi mengindikasikan kondisi off-normal dari tiap segmen yang berkaitan.

Pemeriksaan ujung ke ujung, sebagaimana ditentukan pada butir 3.3.5., memantau kedua komponen baik listrik maupun mekanis dari sistem pengendalian asap. Pemeriksaan ujung ke ujung menyediakan konfirmasi positif bahwa hasil yang diinginkan telah dicapai selama waktu alat terkontrol diaktifkan. Maksud pemeriksaan ujung ke ujung menetapkan melebihi sekedar menentukan apakah kesalahan sirkuit itu ada tetapi malahan mengetahui apakah hasil akhir yang diinginkan (misal aliran udara atau posisi damper) dicapai. Pemeriksaan ujung ke ujung yang benar, karena itu, memerlukan perbandingan antara operasi yang

diinginkan terhadap hasil akhir yang sebenarnya.

Sebuah sirkuit kontrol yang terbuka, kegagalan pada sabuk fan, pelepasan kopling saf rintangan pada penyaring udara, kegagalan pada motor, atau kondisi abnormal lain yang dapat mencegah operasi yang tepat tidak diharapkan untuk menghasilkan dalam suatu indikasi off-normal jika alat terkontrol tidak diaktifkan, karena hasil yang diukur pada waktu itu cocok dengan hasil yang diharapkan. Apabila suatu keadaan yang mencegah operasi yang baik berlangsung selama percobaan aktivasi peralatan berikut, indikasi off-normal sebaiknya ditunjukkan.

A.6.3 Lebih dari tiga dekade, beberapa model jaringan komputer telah ditulis untuk menghitung aliran dan tekanan udara keadaan mantap seluruh bangunan.

Model jaringan komputer sebaiknya digunakan untuk rancangan sistem pengendalian asap pada bangunan kompleks di mana persamaan aljabar tidak dapat diterapkan atau tidak praktis untuk digunakan. Ini termasuk analisis cistern presurisasi sumur tangca dengan pintu terbuka, sistem pengendalian asap kombinasi, dan sistem pengendalian asap pada bangunan yang tidak simetris.

A.6.5 Luas kebocoran untuk dinding bangunan luar secara tipikal didasarkan pada hasil pengukuran Tamura dan Shaw (1976) dan Tamura dan Wilson (1966). Baru-baru ini, beberapa bangunan yang telah digunakan dalam studi sebelumnya diuji kembali setelah bangunan tersebut diretrofit untuk efisiensi energi [Shaw, Reardon, dan Cheung (1933)] Nilai-nilai untuk luas kebocoran pada dinding luar didasarkan pada nilai-nilai base tersebut.

A.7.1.1 Gaya pada waktu membuka pintu termasuk gaya gesek, gaya yang dihasilkan oleh pintu, dan gaya yang dihasilkan oleh sistem pengendalian asap. Dalam hal dimana gaya gesek berlebihan, pintu perlu diperbaiki.

A.7.1.2 Walaupun tidak ada bagian prosedur pengujian secara formal, pengujian bangunan untuk menentukan jumlah kebocoran diantara zona asap dapat dinilai dengan mengembangkan sistem awal. Pengujian untuk tujuan ini sering mempergunakan peralatan pengukur aliran udara yang ada dalam sistem. Bagian ini menjelaskan susunan normal dari metoda sistem dan pengujian beragam dapat digunakan untuk menentukan kebocoran dan ruang tertutup. Kebocoran dalam bangunan berasal dari sumber yang beragam, seperti berikut:

- a) Konstruksi dinding pelapis dimana jalur kebocoran terbentuk antara permukaan luar dan papan lantai.
- b) Partisi drywall dimana celah pada drywall dibelakang penutup papan hias tembok dapat membentuk jalur kebocoran.
- c) Saklar listrik dan outlet dalam partisi drywall yang membentuk jalur kebocoran melalui partisi.
- d) Pemasangan pintu dengan *undercut*, mekanisme memasang gerendel, dan celah-celah lain yang membentuk jalur kebocoran.
- e) Sambungan partisi drywall pada dek metal beralur yang memerlukan sil pada alurnya.
- f) Outlet listrik pada plat lantai dalam ruangan atau di atas ruangan dan menimbulkan

- kebocoran ke lantai lain pada bangunan.
- g) Tembusan dakting melalui dinding dimana terdapat kebocoran sekitar dakting disamping susut yang memegang damper api ditempatnya.
 - h) Sistem induksi perimetri yang sering memiliki celah disekitar dakting melalui plat lantai yang tersembunyi dibawah ruang tertutup distribusi udara.
 - i) Penetrasi pipa, conduit, dan wireway melalui dinding dan lantai yang memerlukan sil penembusan yang teruji.

Sistem ventilasi dan pengkondisian udara bangunan yang sesuai untuk pengujian kerapatan ruang tertutup. Sistem ventilasi dan pengkondisian udara dari beberapa bangunan dapat digunakan untuk mengukur kebocoran melalui ruang tertutup. Sistem ini secara tipikal berisi fan terpusat yang dapat menarik sejumlah besar udara luar ke dalam bangunan untuk presurisasi. Oleh karena seluruh sistem tersebut memiliki bukaan, *ducting*, dan kadang-kadang fan untuk mengembalikan udara dari ruang tertutup ke pengolah udara pusat, adalah penting bagi sistem ini untuk dimatikan selama pengujian. Penggunaan damper asap pada titik dimana damper meninggalkan ruang tertutup akan memberikan jaminan lebih bahwa kebocoran melalui sumber ini akan diminimasi.

a) Sistem volume udara variabel untuk satu lantai

Beberapa bangunan perkantoran modern diperlengkapi dengan pengolah udara terpisah pada setiap lantai bangunan untuk memasok udara yang dikondisikan kedalam ruangan. Sistem ini disusun sebagai sistem volume variabel, dimana banyak sekali termostat dialirkan ke ruangan daripada temperatur udaranya. Susunan ini membutuhkan alat kontrol frekwensi variabel pada fan yang merespon tekanan dalam sistem dakting. Pada suatu alat kontrol volume variabel ditutup, tekanan didalam dak akan naik dan kecepatan fan akan turun sesuai dengan tekanan. Pada umumnya sistem ini memiliki alat pengukur udara dalam dakting pasok dan balik yang digunakan untuk mengontrol operasi fan dengan fan pasok, sehingga jumlah udara luar yang konstan dapat dialirkan kedalam ruangan untuk mempertahankan kualitas udara dalam ruangan. Alat pengukur aliran udara ini dapat digunakan untuk mengukur aliran udara yang masuk kedalam ruangan dan kecepatan fan dapat diatur untuk mengontrol tekanan di kedua sisi ruangan penghalang ruangan tertutup.

b) Sistem volume udara variabel fan terpusat

Sistem volume udara variabel fan terpusat adalah variasi dari sistem volume udara variabel lantai tunggal. Fan tunggal akan memasok 10 lantai atau lebih, dimana setiap lantai mempunyai sejumlah kotak volume variabel. Seperti pada kasus sistem lantai tunggal, fan merespon sensor tekanan dalam dakting. Stasiun pengukuran aliran pada fan digunakan untuk melacak fan balik dengan fan pemasok untuk mempertahankan udara luar yang konstan, sebagaimana dalam kasus sistem volume udara, variabel lantai tunggal. Biasanya, sistem ini dilengkapi dengan damper yang dapat ditutup dioperasikan motor pada setiap lantai, maka sistem dapat secara ekonomis digunakan untuk memasok hanya sebagian dari lantai ketika lantai yang lain kosong.

Sistem-sistem ini dapat digunakan untuk pengujian ruangan dengan mengatur bahwa

seluruh damper pasok ke lantai-lantai bangunan tertutup kecuali pada lantai yang sedang diuji. Dengan cara ini, aliran udara kedalam lantai dapat diukur dengan pengaturan tekanan di kedua sisi penghalang.

Karakteristik kebocoran pada sistem dakting utama sebagaimana juga pada damper-damper yang ditutup harus diketahui sehingga koreksi kebocoran pada dakting dan damper dalam sistem pada lantai yang diuji dapat ditentukan lebih cepat. Ini dapat dilakukan dengan menutup seluruh damper pada sistem, presurisasi sistem dakting dengan beragam tekanan dengan menggunakan fan pasok, dan mengukur laju aliran pada stasiun pengukuran aliran dalam dakting pasok.

Satu variasi sistem volume udara variabel lantai banyak adalah menempatkan stasiun pengukuran udara pada setiap lantai bangunan. Tujuan stasiun ini adalah untuk memeriksa bahwa penyewa tertentu tidak membuat begitu banyak beban pada lantai bahwa banyak aliran udara yang digunakan melebihi yang dirancang untuk sistem. Bilamana beban lebih dijumpai, aliran udara dapat diukur secara langsung pada lantai sehingga penyesuaian untuk kebocoran dakting utama tidak lagi diperlukan.

c) Sistem zona banyak volume konstan

Sistem zona banyak volume konstan mencampur udara panas dan dingin pada unit pengolah udara terpusat dan memiliki sistem dakting terpisah yang mendistribusikan keruangan yang berbeda. Secara tipikal, tidak dilengkapi dengan stasiun pengukuran udara yang harus di retrofit ke arah dakting yang mengalirkan udara ke ruangan. Ruangan tersebut perlu bersesuaian dengan ruang tertutup yang diuji. Secara tipikal, juga tidak ada sarana untuk peragamaan aliran ke tiap ruangan. Peragamaan aliran memerlukan penambahan balk damper manual maupun damper yang digerakkan motor dalam sistem dakting yang diatur untuk mencapai tekanan uji atau tekanan yang dikehendaki.

d) Sistem pemanasan awal terminal pada volume konstan

Sistem pemanasan awal terminal pada volume konstan merupakan yang paling sulit digunakan untuk pengujian kerapatan ruang tertutup. Secara tipikal, sistem ini memiliki fan terpusat yang mengalirkan udara ke sistem dakting pada temperatur yang ditentukan. Sistem dakting didistribusikan ke seluruh bangunan, dan koil pemanasan awal ditempatkan pada beberapa lokasi untuk memanaskan udara untuk mempertahankan kondisi ruangan. Secara tipikal tidak ada stasiun pengukuran atau sejumlah damper otomatis dalam sistem. Untuk menggunakan sistem bagi pengujian, adalah penting untuk meretrofitnya dengan stasiun pengukuran udara dan damper yang disesuaikan dengan ruang tertutup yang diuji.

Sistem ventilasi dan pengkondisian udara bangunan yang tidak sesuai untuk pengujian kerapatan ruang tertutup.

Sejumlah sistem ventilasi dan pengkondisian udara sedikit atau tak berarti dalam pengujian kerapatan ruang tertutup, karena sistem tersebut mengalirkan sejumlah terbatas aliran udara kedalam ruangan atau disusun sehingga terdapat pintu masuk dakting yang banyak kedalam ruangan. Oleh karena itu, melakukan pengukuran aliran udara dalam sistem seperti ini tidak praktis. Rangkuman sistem seperti itu adalah sebagai berikut:

a) Sistem unit pompa panas/ sistem unit fan coil

Sistem unit pompa panas/sistem unit fan coil muncul dalam banyak konfigurasi. Sistem ini sejenis, yakni bahwa ruangan dilengkapi dengan sejumlah unit terpisah, masing-masing dengan kapasitas aliran udara terbatas. Udara luar masuk ke ruangan dialirkan dengan salah satu dari tiga cara berikut:

- 1) Unit diletakkan pada perimetri dengan dakting udara luar terpisah untuk setiap unit. Ini secara tipikal, memiliki penembusan kecil melalui dinding sisi luar bangunan dengan tanpa pekerjaan dakting. Jumlah udara luar yang dialirkan adalah begitu kecil dan kapasitas sistem untuk presurisasi ruangan begitu terbatas sehingga sistem tidak dapat digunakan untuk pengujian integritas ruangan. Dalam hal contoh ini, unit-unit akan mengalami kerugian terhadap operasi banyak sistem dalam ruangan yang didesain untuk presurisasi kecuali jika setiap dakting udara luar dipasang dengan damper yang menutup rapat secara otomatis.
- 2) Unit diletakkan hanya pada perimetri, dan udara luar dimasukkan melalui sistem dakting terpisah. Pada contoh ini, unit digunakan bersama-sama dengan sistem dakting bagian dalam. Dakting udara luar untuk perimetri kapasitasnya terbatas dan perlu dilengkapi dengan damper yang menutup rapat secara otomatis untuk mempertahankan integritas ruang tertutup. Pengujian ruangan sebaiknya dilakukan melalui sistem dakting bagian dalam.

Unit-unit didistribusikan seluruh bangunan baik pada perimetri maupun bagian dalam. Pada contoh ini, udara luar dimasukkan kedalam ruangan melalui sistem dakting terpisah yang mendistribusikan ke seluruh isi luas lantai. Sistem dakting ini ditentukan ukurannya untuk menangani jumlah udara luar minimal yang diperlukan dalam ruangan dan mungkin atau tidak mungkin memiliki aliran yang cukup untuk menyediakan tekanan dalam ruangan. Apakah system ini dapat dipakai untuk pengujian tekanan harus diputuskan berdasarkan kasus demi kasus. Adalah menjar' penting untuk melengkapi sistem dengan stasiun pengukuran udara dan memungkinkan damper menutup apabila sistem melayani banyak lantai.

b) Sistem induksi perimetri

Sistem induksi perimetri secara tipikal disusun untuk menangani hanya perimetri bangunan. Sistem ini disusun dengan unit terminal sepanjang perimetri dibawah jendela, dimana setiap unit dilengkapi dengan dakting menuju sistem distribusi udara terpusat. Ukuran dakting secara tipikal adalah kecil [dibawah 20 in.² (129 cm²) per unit] dan masing-masing menembus lantai menuju sistem distribusi pada lantai dibawah atau dihubungkan tegak vertikal yang memanjang ke dinding dan memasok empat sampai enam unit per lantai. Sistem ini tidak cocok untuk pengujian ruangan oleh karena ada sambungan banyak di setiap lantai. Sambungan dakting perlu dilengkapi dengan damper yang menutup rapat secara otomatis sedemikian hingga presurisasi ruangan menjadi mungkin dilakukan.

Terdapat sistem interior secara umum tersedia, dimana salah satu jenis diuraikan sebelumnya, yang dapat digunakan untuk pengujian dan presurisasi.

A. 7.3.3 Pedoman prosedur uji dapat dijumpai dalam publikasi organisasi seperti *Associated*

Air Balance Council 9AABC); National Environmental Balancing Bureau (NEBB); the American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE); dan the Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association (SMACNA).

A.7.3.3.6 Metoda uji sebagaimana diuraikan dalam Bab 5 perlu menyediakan cara yang memadai untuk mengevaluasi kinerja sistem pengendalian asap. Metoda pengujian lainnya secara historis telah digunakan dimana instansi berwenang memerlukan pengujian tambahan. Metoda uji ini mempunyai nilai terbatas dalam mengevaluasi kinerja sistem tertentu, dan validitasnya sebagai metoda pengujian sistem pengendalian asap masih dipertanyakan. Contoh metoda uji lainnya yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

- a) Uji asap kimia
- b) Uji gas pelacak
- c) Uji kebakaran sesungguhnya

Uji asap kimia memiliki derajat kepopuleran melebihi proporsi informasi terbatas yang dapat disediakannya. Sumber utama yang biasa dari asap kimia dijumpai di pasaran disebut "Win asap" (kadang-kadang disebut born asap) dan peralatan pembangkit asap. Dalam pengujian ini, Jilin asap biasanya diletakkan dalam tabung metal dan dinyalakan. Tujuan dari tabung metal adalah melindungi dari kerusakan panas setelah penyalaan; hal ini tidak menghalangi pengamatan pergerakan asap kimia. Kehati-hatian perlu dilakukan selama pengamatan, oleh karena penghisapan asap kimia dapat menyebabkan mual.

Jenis pengujian ini kurang realistik daripada pengujian kebakaran sesungguhnya oleh karena asap kimia adalah dingin dan kurang gaya apung asap dari api yang menyala. Gaya apung serriacam itu dengan cukup besar untuk mengatasi daya sistem pengendalian asap yang tidak dirancang untuk menahannya. Asap dari kebakaran yang dilindungi springkler mempunyai daya apung kecil, dan bisa diharapkan bahwa pergerakan asap seperti itu adalah serupa dengan pergerakan asap kimia yang tidak dipanasi. Ini yang belum bisa didukung oleh data pengujian. Pengujian asap kimia dapat mengidentifikasi jalur kebocoran, dan pengujian seperti ini adalah sederhana dan tidak mahal untuk dilakukan.

Pertanyaan yang muncul adalah apakah informasi yang dapat diperoleh dan pengujian asap kimia dingin. Jilka sistem pengendalian asap tidak mencapai level presunsai yang cukup tinggi, tekanan oleh panas, panas asap yang mengapung dapat mengatasi sistem tersebut. Kemampuan pengendalian asap kimia dingin tidak menjamin kemampuan pengendalian asap panas pada kebakaran yang sebenarnya.

Asap kimia juga digunakan untuk mengevaluasi keefektifan dan sistem yang disebut sistem "pembilasan" asap. Meskipun demikian sistem tersebut bukan sistem pengendalian asap, sistem tersebut terkait erat dan karenanya dijelaskan secara ringkas disini. Sebagai contoh, tinjau suatu sistem yang memiliki enam kali pertukaran udara per jam ketika dalam moda pembilasan asap. Beberapa pelaksana pengujian keliru untuk mengartikan angka pertukaran udara dengan bahwa udara telah tertukar secara penuh setiap 10 menit dan 10 menit sesudahnya asap Jilin keluar, seluruh asap perlu pergi dari ruangan. Tentu saja, kejadiannya tidak demikian. Dalam sistem pembilasan, udara yang memasuki ruangan bercampur

dengan udara dan asap dalam ruangan. Jika sistem pembilasan adalah bagian dari sistem ventilasi dan pengkondisian udara, telah dirancang untuk meningkatkan campuran agak lengkap. Jika konsentrasi asap hampir rata dalam ruangan, maka metoda analisis untuk pembilasan sebagaimana diuraikan dalam Bagian 2.3 pada ASHRAE/ SFPE, *Design of Smoke Management Systems*, yang sesuai. Berdasarkan pencampuran yang sempurna, setelah 10 menit, 37 persen dari asal asap tersisa di ruangan.

A.7.3.4.5 Sebagai pengganti petunjuk khusus dalam peraturan lokal atau dokumen kontrak, pilihlah pintu-pintu untuk dibuka sebagai berikut untuk menghasilkan kondisi yang paling jelek:

- a) Untuk pengujian beda tekanan, pintu yang terbuka sebaiknya memasukkan pintu-pintu dengan beda tekanan terbesar diukur dalam pengujian dengan seluruh pintu tertutup (*lihat butir 7.3.4.3*). Bilamana diukur dengan sumur tangga sebagai referensi sebagaimana dijelaskan dalam butir 7.3.4.1, pintupintu ini memiliki nilai negatif terbesar.
- b) Bilamana sistem dirancang untuk pintu sumur tangga terbuka dan evakuasi bangunan total, jumlah pintu yang terbuka perlu memasukkan pintu sumur tangga bagian luar.
- c) Oleh karena tekanan dalam sumur tangga harus lebih besar daripada tekanan dalam ruang hunian, maka tidak diperlukan untuk mengulang uji gaya pada waktu membuka pintu dengan pintu terbuka. Pembukaan setiap pintu akan mengurangi tekanan dalam sumur tangga dan oleh karena itu menurunkan gaya pada waktu membuka pintu pada pintu-pintu lainnya.

A.7.3.8.1 Bilamana dilakukan pengujian terhadap kombinasi sistem pengendalian asap terzona dan sistem presurisasi sumur tangga, pengujian yang dapat diterapkan pada setiap sistem terpisah perlu dilakukan. Pengujian beda tekanan ditetapkan dalam butir 7.3.4. maupun 7.3.5. Bilamana dua sistem tersebut digunakan dalam kombinasi, sumur tangga perlu diperlakukan sebagai sebuah zona dalam sistem pengendalian asap terzona. Tekanan rancangan minimum sebagaimana ditetapkan dalam Tabel 4.2.1. hanya diterapkan untuk pengujian beda tekanan sebagaimana ditetapkan dalam butir 7.3.5.

Pengujian beda tekanan dilaksanakan sesuai butir 7.3.4.3 digunakan untuk menentukan pintu yang perlu dibuka selama pengujian ditetapkan dalam butir 7.3.4.4. dan 7.3.4.5.

Adalah tidak diharapkan bahwa nilai-nilai tersebut akan memenuhi tekanan rancangan minimum yang ditetapkan dalam Tabel 4.2.1., kecuali pada lantai kebakaran.

Sebagai pengganti petunjuk khusus dalam peraturan lokal atau dokumen kontrak, pilihlahpintu yang dibuka berikut ini untuk menghasilkan kondisi yang paling jelek:

- a) Untuk pengujian beda tekanan, pintu yang terbuka sebaiknya memasukkan pintu-pintu dengan beda tekanan terbesar diukur dalam pengujian dengan seluruh pintu tertutup (*lihat butir 7.3.4.3*), tidak termasuk pintu pada lantai kebakaran (*lihat butir A.4 3.7 untuk dasar pemikiran*). Bilamana diukur dengan sumur tangga sebagai referensi, sebagaimana diuraikan dalam butir 7.3.4.1 pintu-pintu ini memiliki nilai negatif terbesar.
- b) Bilamana sistem dirancang untuk pintu sumur tangga terbuka dan evakuasi bangunan

total, jumlah pintu terbuka perlu memasukkan pintu sumur tangga bagian luar.

- c) Untuk pengujian gaya pada waktu membuka pintu, pintu yang terbuka sebaiknya menyertakan setiap pintu (sampai jumlah yang ditetapkan) yang ditemukan dalam pengujian dengan seluruh pintu tertutup (lihat butir 7.3.4.3) untuk mendapatkan tekanan dalam ruang hunian lebih besar dari tekanan dalam sumur tangga. Pembukaan pintu-pintu ini menambah tekanan pada sumur tangga, oleh karenanya menaikkan gaya pada waktu membuka pintu pada pintu-pintu sisanya. Bilamana diukur dengan sumur tangga sebagai referensi, sebagaimana diuraikan dalam butir 7.3.4.1., pintu-pintu ini memiliki nilai positif terbesar. Jika tidak ada pintu yang memenuhi kriteria ini, adalah tidak diperlukan untuk mengulang pengujian gaya pada waktu membuka pintu dengan pintu terbuka, karena pembukaan sejumlah pintu akan menurunkan tekanan dalam sumur tangga dan dengan demikian menurunkan gaya pada waktu membuka pintu pada pintu-pintu sisanya.

Bibliografi

1. NFPA 13, *Standard for the Installation of Sprinkler Systems 1 F 3 edition*
2. NFPA 72, *National Fire Alarm Code, 1999 edition.*
3. NFPA 80, *Standard for Fire Doors and Fire Windows, 1999*
4. ASHRAE/SFPE, *Design of Smoke Management Systems, 19E2*
5. ASHRAE. *Handbook of Fundamentals, 1997.*
6. ASME/ANSI A.17.1, *Safety Code for Elevators and Escalators.*
7. SFPE, *Handbook of Fire Protection Engineering, 1995.*
8. UL 555, *Standard for Safety Fire Dampers, 1999.*
9. UL 555S, *Standard for Safety Leakage Rated Dampers for Use in Smoke Control Systems, 1999.*

BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.or.id